

SISTEMA INFORMATIVO AUDIBLE PARA USUARIOS DE LOS BUSES URBANOS DEL SITP

Hernán David Rodríguez Mariño

CÓDIGO: 1111054

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.032.451.523

Sergio Daniel De Salvador Rueda

CÓDIGO: 1111375

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.016.069.730

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ, D.C.

2017

SISTEMA INFORMATIVO AUDIBLE PARA USUARIOS DE LOS BUSES URBANOS DEL SITP

Hernán David Rodríguez Mariño

CÓDIGO: 1111054

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.032.451.523

Sergio Daniel De Salvador Rueda

CÓDIGO: 1111375

IDENTIFICACIÓN: C.C. 1.016.069.730

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO DE LA
UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

DIRECTOR:

M.SC. MARCO ANTONIO JINETE GÓMEZ

M.Sc en automatización industrial

Ing. en Electrónico

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

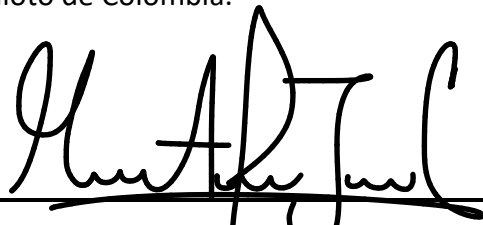
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

BOGOTÁ, D.C.

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos, cumple a cabalidad con los Lineamientos de Opción de Grado vigentes del programa de Ingeniería Mecatrónica y con las leyes de derechos de autor de la República de Colombia, por tanto, se encuentra(n) preparado(s) para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Piloto de Colombia.



MARCO ANTONIO JINETE GÓMEZ

Director del Proyecto

XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

Jurado Evaluador

XXXXXXXX XXXXXXXX XXXXXX

Jurado Evaluador

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedicamos primero que todo a todas las personas que pusieron a nuestras disposiciones cualquier tipo de colaboración para el desarrollo de este mismo, a nuestras familias, amigos y la Universidad Piloto de Colombia, Pero más que a nadie se lo dedicamos a esas personas que tienen discapacidades de cualquier tipo, para que sepan que ahí personas en el mundo como nosotros que trabajamos en pro de ellas para exista un mundo equiparado, con igualdad para todos, con proyectos como este y así lograr un país con oportunidades eh inclusiones para toda persona que haga parte de una sociedad.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecemos a Dios por permitirnos realizar este proyecto tan especial, por darnos las fuerzas y capacidades para finalizarlo y así poder cumplir y culminar nuestra carrera profesional, a nuestros padres por ser siempre esa guía que nos permite trazar nuestro camino y además por brindarnos todo su amor y su apoyo tanto económico como moral, a nuestros amigos, compañeros y docentes por brindarnos toda ayuda posible cuando se las solicitamos, a la Universidad Piloto de Colombia por ser la entidad que nos formó como personas profesionales y nos brindó equipo necesario para la culminación de este proyecto, a nuestro director de tesis por la guía y el acompañamiento durante todo el tiempo que duro la construcción de este proyecto y por último a las personas con discapacidad visual que nos permitieron construir esta idea y plasmarla en este proyecto y así con esto poder ayudar a que su calidad de vida mejore y se logre lo que todos queremos un país con igualdad y oportunidades para todos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
NOTA DE ACEPTACIÓN.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTOS.....	5
LISTA DE TABLAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE ANEXOS.....	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
1. GENERALIDADES.....	15
1.1INTRODUCCIÓN	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2.1 Antecedentes del problema	15
1.2.2 Descripción del problema	16
1.3 JUSTIFICACION.....	16
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos	17
1.5 Delimitación del proyecto.....	18
1.5.1 Alcances y limitaciones del proyecto.....	18
1.6 MARCO REFERENCIAL.....	18
1.6.1 Estado del arte	18
1.6.2 Marco normativo	21
1.7 Recursos.....	23
1.7.1 Recursos estudiantes y docentes	23
1.7.2 Recursos de software.....	23
1.7.3 Otros recursos.....	23
1.7.4 Recursos financieros	23
1.8 Diseño metodológico.....	24
2. SISTEMA DE BUSES URBANOS (SITP).....	26
2.1 INFORMACION GENERAL.....	26
2.1.1 Buses Urbanos.....	26
2.2 Estaciones.....	27
2.2.1 Placa informativa diseñada con lenguaje Braille	28
2.2.2 Línea Amarilla	29
2.3 Rutas.....	29
3. ANALISIS Y DISEÑO DE PROTOCOLO DE COMUNICACION.....	31
3.1 ANALISIS DE TECNOLOGIAS PARA IDENTIFICACION DE RUTAS.....	31
3.2 PROCESADOR (ARDUINO).....	31
3.3 ANALISIS Y SELECCIÓN DE MODULO GPS.....	33

3.4	ANALISIS Y SELECCIÓN DE MODULO PARA TRANSMISION DE DATO.....	34
3.4.1	Tecnología GSM/GPRS	38
3.4.2	comandos AT.....	38
4.	APLICACION DISEÑADA EN INVENTOR (ANDROID).....	40
4.1	CONCEPTOS GENERALES.....	40
4.1.1	Sistema operativo ANDROID.....	40
4.1.2	APP Inventor.....	41
4.2	INTERFAZ GRAFICA Y BLOQUES DE PROGRAMACION.....	42
4.2.1	Dinámica de funcionamiento.....	43
5.	IMPLEMENTACION.....	49
5.1	Etapa electrónica y de software.....	49
5.2	Alimentación.....	59
5.2.1	Batería lipo.....	59
5.3	Sistema de alarma para usuario.....	60
5.4	Diseño mecánico.....	63
5.5	Dinámica de funcionamiento.....	68
5.6	Prototipo final.....	69
6.	RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	70
7.	CONCLUSIONES.....	73
8.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	75
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
	ANEXOS A. PLANOS ELÉCTRICOS	79
	ANEXOS B. PLANOS MECANICOS.....	80
	ANEXOS C. TABLAS COMANDOS AT.....	81

LISTA DE TABLAS

	Pág.
<i>Tabla 1. Requerimientos funcionales.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla 2. Requerimientos no funcionales.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3. Recursos financieros.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 4. Diseño metodológico.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 5. Placas Arduino.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 6. Características de antenas GPS.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 7. Comandos AT implementados en el algoritmo.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 8. Módulos Bluetooth.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 9. Materiales.....</i>	<i>64</i>

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1. Modelo sistema informativo buses SITP.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 2. Tipos de vehículos.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3. Estaciones SITP.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 4. Placa con información en lenguaje braille.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 5. Bus urbano estacionado en línea amarilla</i>	<i>29</i>
<i>Figura 6. Información de rutero.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 7. Arduino UNO.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8. Antena GPS.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 9. SIM808.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 10. Talkback.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 11. Diagrama - lógica de APP.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 12. Inicio App.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 13. Menú de rutas.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 14. Menú de paradas.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 15. Bloques de programación de parada.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 16. Mensaje 1 de confirmación.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 17. Mensaje 2 de confirmación.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 18. Mensaje de despedida.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 19. Adaptador para la tarjeta SIM.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 20. Conexiones para alimentar el modulo por medio del arduino.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 21. Conexión serial y alimentacion del modulo.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 22. SIM808.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 23. SIM808 buscando señal.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 24. Diagrama envió SMS OK.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 25. Encender led con una llamada.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 26. Diagrama de flujo, numero autorizado.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 27. Llamada numero autorizado, visualizacion serial.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 28. Conexión Antena GPS, Arduino y SIM.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 29. Diseño electrónico.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 30. Fuente de alimentación SIM, un batería Lipo.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 31. Modulo Hc-06.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 32. Bloques de programación para conexión de Bluetooth.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 33. Bloques de programación para aviso por vibración</i>	<i>63</i>
<i>Figura 34. Pieza 1 Cara inferior.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 35. Pieza inferior por los 2 lados.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 36. Piezas Lateral.....</i>	<i>66</i>

<i>Figura 37. Estructura lateral de la caja sim808.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 38. Vista superior estructura lateral.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 39. Diagrama de funcionamiento.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 40 Prototipo final.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 41 Prototipo instalado en el vehículo</i>	<i>71</i>

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Planos Eléctricos

ANEXO B. Tablas comandos AT

RESUMEN

La movilidad en cuanto a medios de transporte en la ciudad de Bogotá siempre ha sido un tema complejo y de mucha atención para cada gobernante de esta ciudad, a lo largo de la historia se han implementado distintos medios de transportes para la movilidad del ciudadano promedio, el medio más reciente y que está en uso en este momento es el SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PUBLICO (SITP) el cual cuenta con distintos servicios de transporte, el Transmilenio que se moviliza por las troncales de la ciudad, el alimentador que se moviliza de barrios a las estaciones de Transmilenio, los buses urbanos que se movilizan por las principales vías de la ciudad y otros complementarios como especiales, ciclo parqueaderos, entre otros. Cada sistema del SITP está diseñado bajo unas leyes y normas que se deben cumplir para los beneficios de cada persona de esta ciudad, es aquí donde sistemas como estos deben tener en cuenta todo tipo de personas, como las personas que tengan alguna discapacidad ya sea de cualquier tipo que no les permita tener acceso fácil a estos medios de transporte, por eso el SITP cuenta con algunas ayudas para la inclusión de personas discapacitadas en el transporte público como se verá en el capítulo 2 de este trabajo, estas ayudas se evidencian por medio de señalamientos en las estaciones, obras para el acceso de cualquier persona a ellas entre otras, sin embargo con todas estas posibilidades que ofrece este sistema se realizó una investigación por medio de entidades como el INCI (Instituto Nacional Para Ciegos) para saber cuántas personas con discapacidad visual usan los medios de transporte en Bogotá, se hizo una visita a la entidad y de esto se obtuvieron datos como los siguientes, se encontró que alrededor del 80% de estas personas utilizan los medios de transportes, y cerca de un 60% de esta población utiliza transporte SITP es decir Trasmilenio, buses urbanos, entre otros. Las personas con discapacidad visual que utilizan los buses urbanos por más de que existan obras para el acceso a las estaciones y señalamientos, se les dificulta bastante poder parar un bus, luego montarse en él y por ultimo bajarse donde esta lo necesite, de aquí es donde surge la idea de ayudar por medio de la tecnología a las personas con discapacidad visual a poder movilizarse en los buses urbanos del SITP sin ningún problema y de un modo muy asequible.

Este proyecto trata de diseñar e implementar un dispositivo electrónico capaz de avisar al conductor de un bus urbano del SITP que una persona con discapacidad visual necesita de sus servicios en la estación en la que ella se encuentre, también se diseña una aplicación en la que la persona invidente tenga todas las opciones y facilidades para solicitar la ruta necesaria y en la estación que se desee.

Primero se comenzó a diseñar el dispositivo electrónico, aquí es donde se escogió hacer la comunicación entre la aplicación y el prototipo electrónico ubicado dentro del bus por medio de la tecnología GSM/GPRS que viene siendo el sistema que comunica a los celulares a nivel mundial, para esto se escogió el Módulo SIM808 compatible con el software y las placas de Arduino, este es un módulo que cuenta con esta tecnología y que permite usar tarjetas SIM convirtiendo el Arduino prácticamente en un teléfono celular permitiendo la transmisión de datos que se necesitan, una vez conociendo a fondo los alcances y funciones

de este dispositivo con distintas pruebas se implementó para recibir la ubicación exacta del usuario, es decir que el usuario manda una señal por medio de una aplicación y el conductor sabe en qué estación esta y que debe para ahí y esperar a que la persona con discapacidad se suba con total tranquilidad, en este punto se procedió al diseño de la aplicación, por medio del programa inventor, la aplicación cuenta con una amplia base de datos de todas las estación de los buses urbanos del SITP y sus diferentes rutas para movilizarse por la ciudad, cuenta con una interfaz cómoda que se puede usar completamente por medio del TalkBack para el uso de las personas invidentes, su función es que el usuario indique la estación y la ruta requerida por él y apenas se encuentre en la estación la aplicación manda la señal al ModuloSIM y avisando al conductor la parada que debe realizar. Por último, se realizó el diseño mecánico el cual se construyó en acrílico y con medida para poder ubicarlo cómodamente en el bus y no sea un estorbo para la vista, etc.

Este proyecto es la unión entre la tecnología y la mejor calidad de vida para personas que necesitan este tipo de ayudas y con esto logra que se sientan cada vez en igualdad de condiciones frente a todas las personas y así construir una sociedad con menos discriminación y más oportunidades para todos.

ABSTRACT

Mobility in terms of transportation in the city of Bogota has always been a complex issue and a lot of attention for every ruler of this city, throughout the history have been implemented different means of transport for the mobility of the average citizen, The most recent and currently in use is the INTEGRATED PUBLIC TRANSPORT SYSTEM (SITP) which has different transport services, the Transmilenio that is mobilized by the trunk of the city, the feeder that mobilizes neighborhoods To the stations of Transmilenio, the urban buses that are mobilized by the main roads of the city and others as complementary as special, cycle parking, among others. Each system of the SITP is designed under laws and standards that must be met for each person of this city, it is here where systems such as these should take into account all types of people, such as people who have any disability of any kind Not allow them easy access to these means of transport, that is why the SITP has some assistance for the inclusion of disabled people in public transport as will be seen in Chapter 2 of this work, these aids are evidenced by indications in The stations, works for the access of any person to the stations, among others, however with all these possibilities offered by this system, an investigation was carried out through entities such as INCI (National Institute for the Blind) to know how many people with disabilities Visual use of transportation in Bogotá, it was found that 80% of these people use the means of transportation, and 60% Of this population uses SITP transport in trasmilenio, urban buses, among others, visually impaired people who use urban buses for more than there are works for access to stations and signs are difficult enough power for a bus then set up In it and finally to go down where

it needs it, this is where the idea of helping through technology to the people with visual disability to be mobilized in the urban buses of the SITP without any problem and in a very affordable way.

This project tries to design and implement an electronic device to warn the driver of an urban bus of the SITP that a person with visual impairment needs his services at the station where he is, also designs an application in which the Blind person has all the options and facilities to request the necessary route and at the desired station.

First, we started designing the electronic device, this is where we chose to make the communication between the application and the electronic prototype located inside the bus by means of GSM / GPRS technology that has been the system that communicates to the cell phones worldwide, For this the SIM808 Module was chosen compatible with Arduino, this is a module that counts on this technology and that allows to use SIM cards making the Arduino practically in a cell phone allowing the transmission of data that are needed, once knowing in depth the reaches And functions of this device with different tests was implemented to receive the exact location of the user, that is to say that the user sends a signal through an application and the driver knows which station is and should be there and wait for the person With disabilities is raised quietly, at this point proceeded to the design of the application, through the program inven The SITP's urban bus station and its different routes to move around the city, it has a comfortable interface that can be used completely through TalkBack for the use of Blind people, its function is for the user to indicate the station and the route required by him and as soon as he is at the station, the application sends the signal to the ModuloSIM and notifies the driver of the stop that must be made. Finally, the mechanical design was made which was built in acrylic and with measure to be able to place it comfortably on the bus and is not a hindrance to the sight, etc.

This project is the link between technology and the best quality of life for people who need this type of aid and this makes them feel increasingly equal to all people and thus build a society with less discrimination and more Opportunities for all.

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Todas las personas con alguna discapacidad ya sea auditiva, visual o de cualquier otro tipo hacen parte de la sociedad, independientemente del tipo de discapacidad de una persona, las ciudades deben tenerlas en cuenta en su diseño y estructura para que puedan desenvolverse y hacer cualquier actividad como salir a la calle, transportarse, trabajar, ir a un centro comercial, etc.; así equiparando las oportunidades para garantizar el derecho a la igualdad de toda una población.

Históricamente las personas con alguna discapacidad de cualquier tipo han sido discriminadas y excluidas tanto para oportunidades sociales como de sus derechos, se les ha excluido de la participación dentro de la sociedad, un ejemplo de esto es la exclusión en los medios de transporte públicos, que aunque existan normas y leyes para las personas con discapacidad, no son suficientes para garantizar un transporte público asequible, que sea seguro y bajo las características de un diseño universal, es por esta necesidad que el proyecto se enfoca en un sistema que mejore el tema de movilidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto se enmarca dentro de la problemática del acceso a la información respecto a la movilidad en el transporte público, específicamente trata de la falta de información y posibilidades al transportarse en el SITP para las personas con discapacidad, busca brindar una solución para suplir la barrera de acceso a la información en los paraderos de los buses urbanos del Sistema Integrado de Transporte SITP, para que las personas con discapacidades, especialmente con discapacidad visual tengan una herramienta que les facilite la movilidad por la ciudad de manera autónoma. Bajo condiciones previamente planteadas, donde las personas con limitaciones visuales dependen de la asistencia de otros y donde muchos no poseen la capacidad económica para movilizarse en medios de transporte más costosos, Por eso el proyecto se enfoca en la equiparación de posibilidades para todos los ciudadanos con respecto al transporte público en Bogotá.

1.2.1 Antecedentes del problema

Información para la movilidad de las personas con discapacidad.

Para las poblaciones con discapacidades especialmente la discapacidad visual, es de vital importancia contar con todas las herramientas de información para el uso del transporte público en Bogotá, más allá de la información auditiva y otros factores de ayuda la secretaria de movilidad cuenta con talleres que tienen el propósito de capacitar a los operadores del

SITP y también a los policías bachilleres encargados de las estaciones de buses urbanos y de Transmilenio, estos talleres enfatizan en el tema de la movilidad peatonal especialmente con las personas con discapacidades para facilitar su movilidad en las estaciones y proveer toda la información adecuada para que la persona haga su recorrido sin ningún problema, este tipo de ayudas son de gran importancia según los usuarios del SITP porque se sienten acompañados y más seguros a la hora de coger una ruta. Sin embargo, esta información está ligada a que siempre debe haber alguien del personal capacitado en la estación y en un punto en el que sea fácil solicitar su información, esto no siempre sucede, por lo que muchas veces las personas con discapacidades que necesitan la información no la encuentran, este proyecto ofrece la posibilidad de obtener la información sin necesidad de un personal o la ayuda de un ascensor.

Buses urbanos SITP.

En el sistema urbano donde operan los buses azules del SITP cuentan con la misma información del Transmilenio con respecto a la guía de apoyo para personas con discapacidad que se puede encontrar en la página oficial del SITP(www.sitp.gov.co), en las estaciones de buses urbanos también se han puesto señalizaciones y se han hecho obras como cambiar las baldosas para las personas con discapacidad visual, Pero no siempre se cumplen las obras necesarias ni el completo acceso a la información por parte de los usuarios con alguna discapacidad para mejorar la movilidad dentro del sistema.

1.2.2 Descripción del problema

Al momento de que una persona con alguna discapacidad sea física, mental, intelectual o sensorial necesita transportarse dentro del sistema de transporte público, se ve afectada principalmente por no tener el adecuado acceso a la información acerca de las diferentes rutas y llegadas de los buses urbanos (SITP) en las diferentes estaciones del sistema, este problema de adecuación del sistema para la movilidad afecta las personas con alguna discapacidad limitándose su autonomía y aunque en la actualidad se han proyectado soluciones relacionadas con la tecnología como lo son los dispositivos móviles , son dispositivos que no toda las personas con alguna discapacidad puedan tener acceso ya sea el motivo económico , que su limitación les dificulte el uso de los diferentes dispositivos o simplemente por poco entendimiento hacia el uso de nuevas tecnologías.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Bogotá aún cuenta con fallas en la eliminación de barreras sociales, tampoco cuenta con el acceso a los espacios públicos construidos para todos, Las personas con alguna limitación visual se ven afectadas porque no hay muchas facilidades y posibilidades para su movilización, por ejemplo muchas de estas personas no cuentan con la suficiente

información para solicitar una ruta que los lleve a su destino. Si bien el transporte público de Bogotá posee algunos comandos de voz, claro ejemplo es el sistema que anuncia las paradas y un sonido para cuando las puertas abren, el sistema de transporte no cubre la total autonomía que debe tener una persona invidente para movilizarse, ejemplo es la situación donde las personas invidentes deben esperar a que alguien se acerque para solicitar su ayuda. Problemas similares al planteado hacen que las personas con alguna limitación visual recurran a otros medios de movilización que en determinado caso puede resultar inseguro, complicados de usar y costosos. Con conocimientos adquiridos en el desarrollo de la carrera y el estudio del problema acerca de la inclusión de personas discapacitadas visualmente en el transporte, se puede diseñar un dispositivo que mejore la adecuada movilización de las personas discapacitadas dentro del sistema ya que se cuenta con la tecnología y el interés por el avance social de Bogotá.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema informativo audible en las estaciones de los buses urbanos del SITP para contribuir a la autonomía de las personas con discapacidad visual.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un protocolo de comunicación entre la estación (paradero del bus) y el vehículo automotor.
- Implementar base de datos de estaciones y rutas de los buses urbanos del SITP.
- Diseñar e implementar el algoritmo para acceder a la información de estaciones y rutas de la base de datos facilitando su implementación en cualquier estación.
- Diseñar e implementar un sistema que avisa tanto al conductor del bus que debe hacer la parada en la estación que lo solicite como al usuario la cercanía del bus y su llegada.
- Diseñar e implementar la estructura física de un dispositivo con características ergonómicas que facilitan el uso del usuario.

1.5 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO

1.5.1 Alcances y delimitaciones del proyecto

- El sistema de información audible a entregar en este trabajo será un prototipo funcional (paradero prototipo e instalación en un vehículo que emule la aproximación de un bus) que podría implementarse en 10 estaciones de los buses urbanos del sistema integrado de transporte SITP.
- El sistema de información audible ubicado en el paradero prototipo ofrecerá la opción para seleccionar la ruta requerida.
- El sistema proporcionará información sobre el nombre de la estación, rutas que allí paran y cercanía del bus de ruta de interés, a través de un sistema audible.
- El sistema de información audible será activado por solicitud del usuario y en los horarios establecidos para el funcionamiento de los buses urbanos del SITP.
- 5. El sistema que informa al usuario la cercanía del bus lo hará desde un rango de 400 metros de distancia.

1.6 MARCO REFERENCIAL

1.6.1 Estado del arte

En el presente trabajo se busca una solución a la barrera social que le impone la ciudad a los discapacitados dentro del sistemas de transporte urbano que es la falta de información para una adecuada movilización en la ciudad, para el desarrollo del proyecto se estudian publicaciones con enfoque social y tecnológico , que permite conocer avances relacionados a la movilidad de discapacitados visuales y así generar posibles soluciones a la movilidad dentro de los sistemas de transportes masivos y con esto mejorar la calidad de vida.

En los sistemas de transporte de la ciudad de Bogotá, las estrategias de movilidad han limitado la autonomía de las personas con alguna discapacidad ya sea física, mental, intelectual o sensorial afectando sus derechos a la información y la libre movilidad. (Diana Martínez, 2011 (1) . Problemática generada por la falta de información para la adecuada movilidad dentro del sistema de transporte público. Pese a que se han instalado algunos comandos de voz e iluminación dentro de algunos buses y estaciones del sistema de Transmilenio no se ha logrado que las personas con alguna discapacidad usen el sistema de transporte (SITP) de manera autónoma y segura. Se han implementado sistemas para lograr disminuir esta problemática, como ejemplo España; A fines de marzo 2011, la empresa

SuBús de Albacete, anunció la modificación de su flota de buses para la mejor movilidad de las personas con limitación visual, mediante la instalación del “Sistema Embarcado de Información Acústica” (SIENA). El mismo sostiene que “los invidentes contarán con un sistema que les informará del tiempo de espera en parada y el nombre de la siguiente estación, cuando ya se encuentran dentro del autobús” (2). En septiembre 2011, en Ciudad Real, la alcaldesa inició la primera fase de un sistema de ayuda a la movilidad en la ciudad, permitiendo a cualquier persona de movilidad reducida o invidente a estar informado del tiempo de espera de un autobús accionando un botón del panel digital o un mando que ha sido entregado por la ONCE (Organización Nacional de Ciegos Españoles) a todas las personas que lo necesitan. En cuanto a Bogotá y general los sistemas de transporte masivos de Colombia el “INCI ha confirmado que siendo ellos los intermediarios entre entes privados y el estado, no poseen registro de proyectos para esta necesidad, que abarca 64.701 personas con limitación visual en cualquiera de sus formas”. Para el desarrollo de cualquier sistema se deben tener en cuenta ciertos requerimientos como se observa en la tabla 1 y 2.

Tabla 1. Requerimientos funcionales.

Requerimiento Funcional	Descripción	Actor
FREQ_001	Debe ser de Diseño Universal	INCI
FREQ_002	Debe ser implementado en paradas fijas	INCI
FREQ_003	Debe utilizar aviso sonoro	INCI
FREQ_004	Debe otorgar libertad e independencia pero no quitar la solidaridad	INCI
FREQ_005	Debe solucionar toda la ciudad. No debe ser parcial	INCI
FREQ_006	Debe utilizar señalización por contraste	INCI
FREQ_007	Debe utilizar braille	INCI
FREQ_008	Debe cumplir con decreto 1660 de 2003 accesibilidad a los modos de transporte	INCI/Estado
FREQ_009	Cumplir con las Normas ICONTEC de accesibilidad en las calles	INCI/Estado

Fuente: Ruiz, Nicolás Manuel y Acosta Cano, Víctor Manuel. Sistema Autónomo en los buses para persona con limitación visual, Biblioteca Digital Minerva. 2011 (2).

Tabla 2. Requerimientos no funcionales.

Requerimiento No Funcional	Descripción	Actor
NFREQ_001	Debe permitir flexibilidad a cambios en las rutas, buses y paraderos	SITP
NFREQ_002	Debe ser un sistema en tiempo real	INCI/Propio
NFREQ_003	Debe acompañar el horario de funcionamiento de los buses	SITP/INCI
NFREQ_004	No debe generar contaminación visual y auditiva	Estado
NFREQ_005	Debe considerar el sonido ambiental de cada paradero	Estado
NFREQ_006	Debe permitir potencialidad	Propio
NFREQ_007	Debe contar con tecnología accesible y viable	Propio
NFREQ_008	Debe ser tecnología disponible en Colombia o de fácil importación	Propio
NFREQ_009	Debe utilizar tecnología homologada y de uso público para el uso del espectro	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
NFREQ_010	Debe ser confiable	INCI/Propio
NFREQ_011	Debe contar con protocolos de seguridad	Propio

Fuente: Ruiz, Nicolás Manuel y Acosta Cano, Víctor Manuel. Sistema Autónomo en los buses para persona con limitación visual, Biblioteca Digital Minerva. 2011 (2).

En el desarrollo de proyectos para mejorar la movilidad en los diferentes sistemas de transporte alrededor del mundo, se implementa tecnología al alcance económico y de fácil adquisición, algunos proyectos proponen diferentes modos de interacción para usuarios ciegos usando dispositivos móviles, implementando modos de entrada a través del uso de comandos táctiles o de voz, cuya salida es provista a través de sonidos hablados y no hablado (3). Un sistema de 3 módulos (usuario, parada y bus) que intercambian información entre sí, la comunicación usuario-estación es mediante bluetooth haciendo uso de la función talkback del smarthphone.

En la Universidad Técnica de Ambato Ecuador, Se crean módulos para uso de las personas con deficiencia visual creando una red que junto a sensores ultrasónicos adquiere información de los obstáculos cercanos e inmediatamente informa al usuario mediante alerta de voz, incluye una guía de usuario en audio para dirigirlo (4). En Alemania En orden de la convención de los derechos de las personas discapacitadas se desarrolla un proyecto de (BMW) bajo el nombre "Mobile" que busca mejorar la movilidad de discapacitados con diferentes dispositivos que brinden información del viaje como: información acerca de horario de rutas, identificación de vehículos para informar cuando abordar la ruta y la localización de ellos dentro del sistema de transporte entre otros. Se combina tecnología

GPS y wlan, se usan comunicación vía bluetooth para conectar dispositivos con un Smartphone. Se trabaja con realidad aumentada para las personas que no pueden usar estos dispositivos (5).

Los dispositivos de sistemas de posicionamiento global (GPS), han ganado popularidad en los mercados globales debido a su versatilidad, reducción de tamaño y costo, y su habilidad para conectarse a otros dispositivos. Un uso de estos dispositivos que va en aumento es su utilización en grandes ciudades para optimizar el tráfico urbano, como por ejemplo en los sistemas de transporte (6). En estos casos los puntos deben ser expresados previamente en el GPS, representado digitalmente todas las calles que constituyen los lugares a ser visitados. A pesar de todos los esfuerzos tecnológicos, estos sistemas todavía necesitan un operador humano para transferir los datos entregados por el GPS a través de un PC o un dispositivo móvil, particularmente porque la precisión de estos dispositivos no es acertada debido a limitaciones tecnológicas. En USA crean Dispositivos con sistemas de navegación GPS que proporcionan instrucciones e información de transporte en vivo, y bosqueja una imagen del mundo a través del sonido, el dispositivo cuenta giroscopio y el sistema utiliza la tecnología de audio direccional para hacer ciertas direcciones y la descripción de los símbolos, esta parte de la ubicación sirve mucho para este trabajo ya que lo que se quiere es conocer la ubicación de un bus en ciertos momentos.

El uso de tecnología GPS ha enfrentado numerosos problemas; Los errores inducidos por el GPS provocan, por ejemplo, que los usuarios ciegos puedan terminar en situaciones de peligro, como quedar detenidos en el medio de una calle mientras el GPS indica que están parados en una acera. Para eliminar este tipo de errores, muchas soluciones han sido implementadas, como agregar puntos de medición de modo que se mejore la precisión (7).

1.6.2 MARCO NORMATIVO.

Ley 361 de 1997

Art2. El Estado garantizará y velará por que en su ordenamiento jurídico no prevalezca discriminación sobre habitante alguno en su territorio, por circunstancias personales, económicas, físicas, fisiológicas, síquicas, sensoriales y sociales (8).

Decreto 1660 de 2003

Por el cual se reglamenta la accesibilidad a los modos de transporte de la población en general y en especial de las personas con discapacidad.

Considerando Que la seguridad ha sido definida por la ley como una prioridad en el Sistema y en el Sector Transporte y como tal se hace necesario expedir una reglamentación que permita que las personas con discapacidad cuenten con los medios apropiados para su acceso y desplazamiento tanto en la infraestructura, como en los equipos destinados a la prestación de este servicio, y prevenir así la accidentalidad (9).

Art 1. El presente decreto tiene por objeto fijar la normatividad general que garantice gradualmente la accesibilidad a los modos de transporte y la movilización en ellos de la población en general y en especial de todas aquellas personas con discapacidad (9).

Art 10. Para efectos del presente decreto, se consideran como terminales accesibles de transporte de pasajeros, los sitios destinados a concentrar las salidas, llegadas y tránsitos de los equipos de transporte público en cada localidad, que reúnan las condiciones mínimas que a continuación se detallan:

1. Accesos para entradas y salidas de los medios de transporte.
2. Accesos para entradas y salidas de pasajeros, independientes de los medios de transporte.
3. Zonas de espera independientes de los andenes
4. Mecanismos de información y señalización visual, sonora y/o táctil, que garanticen el acceso a dicha información a las personas con discapacidad auditiva y/o visual.
5. Zona alternativa de paso, debidamente señalizado, que permita el acceso de personas con movilidad reducida, en aquellos sitios en donde se utilicen torniquetes, registradoras u otros dispositivos que hagan dispendioso el acceso de las personas con discapacidad física.

Ley 1618 de 2013

Art 1. El objeto de la presente ley es garantizar y asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la adopción de medidas de inclusión.

Art 4. La presente ley se complementa con los pactos, convenios y convenciones internacionales sobre derechos humanos relativos a las Personas con Discapacidad, aprobados y ratificados por Colombia.

Art 14. Acceso y accesibilidad, las entidades del orden nacional, departamental, distrital y local garantizarán el acceso de estas personas, en igualdad de condiciones, al entorno físico, al transporte, a la información y a las comunicaciones, incluidos los sistemas y tecnologías de la información y las comunicaciones (10).

1.7 RECURSOS

1.7.1 Recursos propios

El presente proyecto fue diseñado, implementado, y desarrollado por dos estudiantes de ingeniería mecatrónica, con el seguimiento y el apoyo de un docente calificado y asignado por el comité de evaluación, también se contó con la ayuda de más docentes conocedores del tema que pudieron aportar mucho a este proyecto.

1.7.2 Recursos de software

Los siguientes programas fueron utilizados para el desarrollo y construcción de este proyecto.

- Arduino
- Inventor
- Microsoft visual studio 2016
- Proteus
- Solid Works

1.7.3 Otros Recursos

Para realizar las prácticas y pruebas necesarias se necesitó de un vehículo que hiciera de bus urbano el cual fue brindado por familiares, la universidad dio todo su apoyo por medio de los laboratorios y equipos a disposición de este proyecto.

1.7.4 Recursos financieros

Tabla 3: Recursos financieros.

Módulo SIM808	\$ 300.000.00
Arduino 1	\$ 65.000.00
Partes para la caja mecánica	\$ 50.000.00
Componentes electrónicos	\$ 40.000.00
Batería	\$ 60.000.00
Material acrílico	\$ 60.000.00
Bluetooth	\$ 35.000.00
Otros	\$ 100.000.00
TOTAL	\$ 710.000.00

Fuente: Propia.

En la tabla 3 se puede observar los gastos totales de este proyecto.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

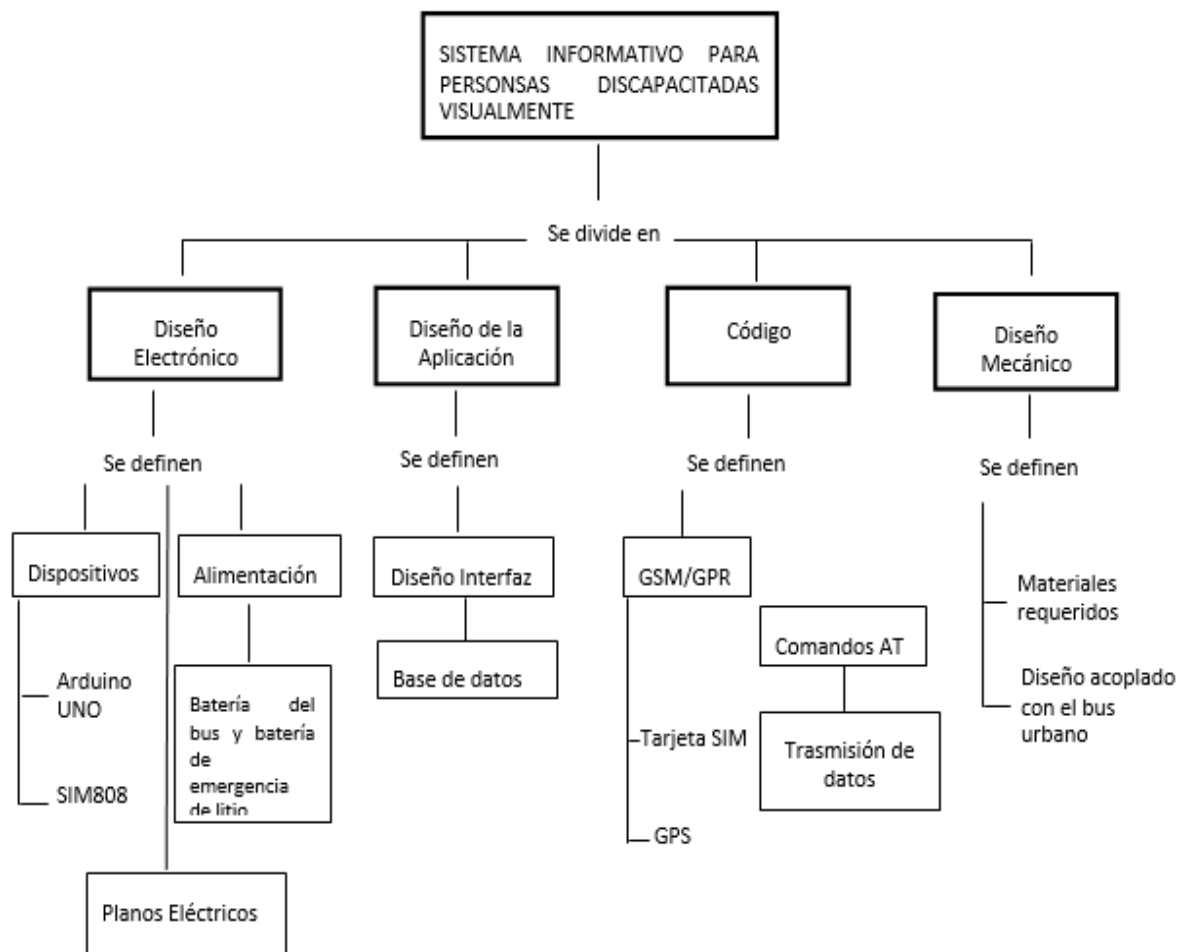
Para el desarrollo e implementación de este proyecto se dividió en 4 etapas distintas que llevaron a la realización de este, en la siguiente tabla(4) se aprecian estas etapas.

Tabla 4. Diseño metodológico.

Diseño electrónico En este punto se definieron todos los dispositivos que se van a utilizar como el Arduino UNO y el Módulo SIM808, también las diferentes conexiones necesarias para el funcionamiento correcto del prototipo final, por último, la alimentación del prototipo por medio de la batería del vehículo.
Diseño de la Aplicación En esta etapa se tuvieron en cuenta el diseño de la interfaz de la aplicación por medio del programa Inventor de Autodesk y se definió la base de datos necesaria y robusta de las diferentes estaciones de las estaciones de los buses urbanos del SITP, También se trabajó la inclusión del sistema TalkBack que traen la mayoría de dispositivos móviles.
Implementación del código En esta etapa se ponen en práctica todo lo que son comandos AT que permite la transmisión de datos, también se implementa el sistema GPS que trae el módulo SIM808 para conocer la ubicación tanto del bus como la del usuario.
Diseño Mecánico Aquí se definió el material de la caja donde ira todo el diseño electrónico, y que sea compatible con el diseño de los buses urbanos del SITP.

Fuente: Propia.

Figura 1. Modelo Sistema informativo buses urbanos SITP.



Fuente: propia.

El mapa conceptual que se aprecia en la figura 1 se representa el diseño metodológico de este proyecto, con esto se quiere mostrar la dinámica de trabajo un poco más clara.

2. SISTEMA DE BUSES URBANOS (SITP)

En el capítulo anterior se evidencia la investigación del problema y así mismo el planteamiento de una posible solución, para poder comenzar a estructurar la idea de este proyecto que trata de la implementación de un sistema electrónico que ayude a las personas con discapacidad visual a transportarse en los buses del SITP, se requiere conocer las posibles soluciones o ayudas que este sistema brinda a estas personas, primero para no implementar algo que ya este creado y segundo para que con los sistemas de ayuda que ya están implementados en el SITP sean un punto de partida para este proyecto y así poder mejorar su uso y hacerlo mucho más eficientes, por esto en este capítulo se investigan los sistemas de ayudas que hay en las estaciones y buses urbanos del SITP.

El sistema integral de transporte público de Bogotá más conocido como SITP cuenta con todo tipo de información sobre las estaciones y rutas de los buses urbanos, pero muchas personas especialmente aquellas que tiene alguna discapacidad ya sea visual o de otro tipo no tienen el fácil acceso a esta información, ya que generalmente se puede encontrar por medios cibernéticos como en su página web o aplicaciones de celular no aptas para toda las personas, este sistema también se rige por distintas obras y señalizaciones para que el uso de su sistema sea apto para todos, sin embargo se encuentran ciertos imperfectos en cada estación en la ciudad de Bogotá, a continuación se observaran los puntos más relevantes de la normativa con la que cuenta el SITP para todas las personas y así poder evidenciar que el fin de este proyecto es ayudar a que todas las personas con discapacidad visual puedan movilizarse por toda la ciudad sin problemas y con un sistema con el que se sientan seguros de poderse transportar en un bus urbano del SITP.

2.1 INFORMACIÓN GENERAL

2.1.1 Buses urbanos

Los buses urbanos del sistema de transporte público SITP se identifican con el color azul. Tienen una capacidad para 80 pasajeros, algunas busetas con capacidad para 40 o 50 pasajeros y microbuses con capacidad para 19 pasajeros. Este servicio urbano se diseñó para apoyar la operación del sistema Transmilenio y movilizar a las personas en zonas en las que este no llega aún. Las rutas urbanas por las que circulan estos buses por lo general son de gran longitud, transitando por todas las zonas de la ciudad de Bogotá. Operan por el carril mixto, siendo este un motivo por el cual no se cuenta con una frecuencia óptima. Estos buses se detienen en todos los paraderos por donde pase la ruta ya establecida, siempre y cuando un usuario así lo desee, ya sea para abordar o desabordar el bus. En la figura 2 se encuentran los 3 tipos de buses respecto a tamaño y número de pasajeros.

Figura 2. Tipos de vehiculos.

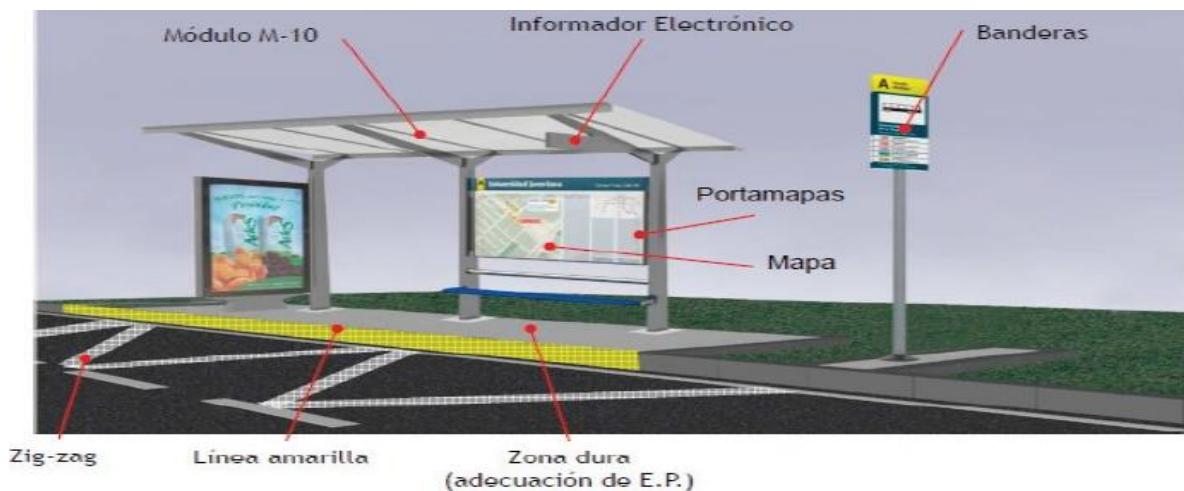


Fuente: publico, Sistema integrado de transporte. sitp.gov.co. [En línea] 7 de Octubre de 2012. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.] http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_urbano (11).

2.2 Estaciones

Los paraderos del SITP para los buses urbanos se ubican estratégicamente en diferentes puntos de la ciudad, es una estructura metálica instalada sobre el andén o espacio público adyacente a la calzada vehicular, que mediante símbolos, leyendas o información en alto relieve (tipo Braille) cumple las siguientes funciones: indica a los usuarios del sistema y a los conductores de los buses, el sitio o lugar autorizado como paradero del SITP y brinda a los usuarios información relacionada con las diferentes rutas que ofrece el sistema y que transitan por el punto de parada donde se encuentra localizado el usuario, en la figura 3 se puede apreciar la estructura de las estaciones del SITP.

Figura 3. Estaciones SITP.



Fuente: Yefer Asprilla Lara, Eladio Rey Gutiérrez. researchgate.net. [En línea] Enero de 2012. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.] <https://www.researchgate.net/publication> (12).

2.2.1 Placa informativa diseñada con lenguaje Braille

La placa en lenguaje braille es el proyecto más relevante que maneja el SITP con respecto a la inclusión de invidentes a su sistema, es un elemento que brinda información y permite al usuario con alguna condición de discapacidad visual, acceder a la información básica del paradero del SITP en el que se encuentra, como mínimo la información disponible será el nombre del paradero y la dirección del mismo. La altura desde el suelo de la placa debe ser de 120 cm, punto en el cual debe quedar instalado el borde inferior de la misma. Dicha altura permite el acceso de un adulto promedio a la información y tiene además en cuenta la accesibilidad de niños y personas de talla baja o discapacidad múltiple. Esta altura permite también la instalación de placas adicionales (por ejemplo, con información del nombre de las rutas en braille) en la figura 4 se encuentra las medidas y el diseño de esta placa.

Figura 4. Placa con información en lenguaje braille.



Fuente: D.C, Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá. alcaldiabogota.gov.co. [En línea] 21 de Abril de 2015. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.]
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=61522> (13).

2.2.2 Línea amarilla

Todos los paraderos tienen una línea amarilla, demarcación que le indica al operador-conductor SITP donde debe detenerse y al usuario donde debe realizar la fila para tomar un Servicio Zonal Urbano.

Figura 5. Bus urbano estacionado en línea amarilla.



Fuente: publico, Sistema integrado de transporte. sitp.gov.co. [En línea] 16 de Mayo de 2013. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.] http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/identifica_los_paraderos (14).

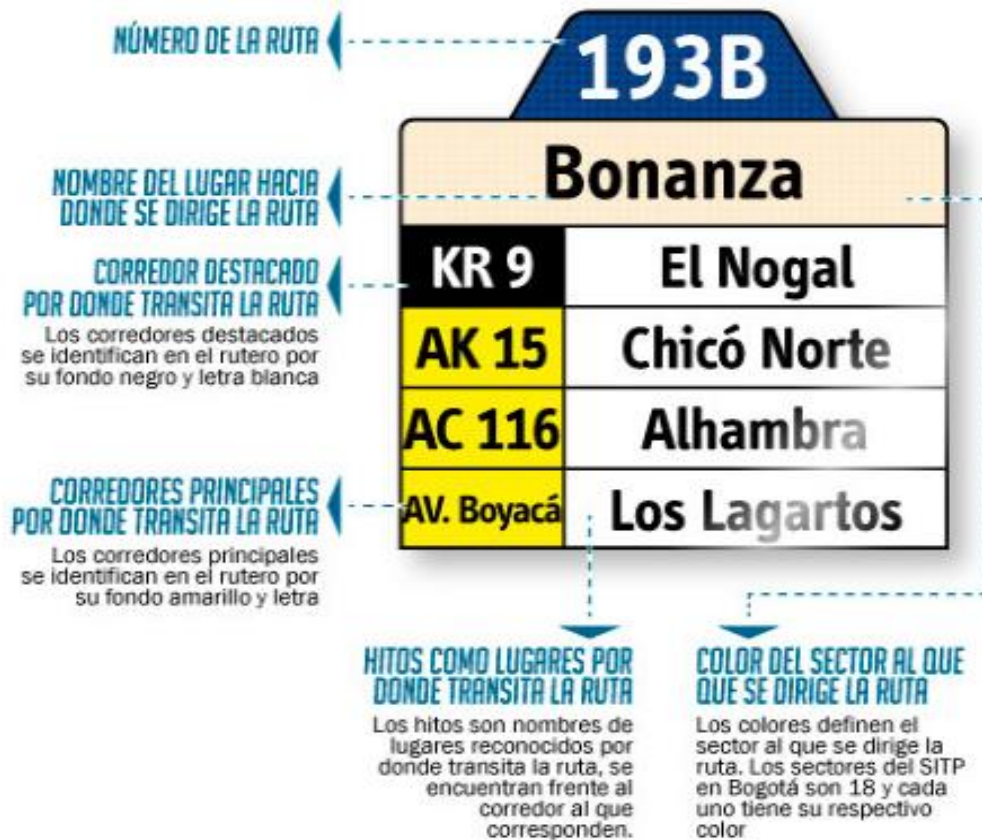
En la figura 5 se puede ver el correcto uso de la línea amarilla por el conductor del bus y el usuario.

2.3 RUTAS

Rutero

El rutero o tabla de ruta permite encontrar la información sobre el trayecto de una ruta del SITP. La información contenida en el rutero incluye el código de la ruta y el nombre del destino. Posteriormente su estructura se divide en dos columnas, la de la izquierda presenta los corredores principales y destacados por donde transita la ruta y la columna de la derecha muestra los lugares reconocidos cercanos a su recorrido. Existe una característica especial en los ruteros del servicio urbano, la cual es el color de fondo del destino de la ruta. Este color puede cambiar dependiendo del sector a donde se dirige la ruta. En la figura 6 hay un claro ejemplo del diseño de los ruteros que manejan las paradas de los buses urbanos.

Figura 6. Información de rutero.



Fuente: publico, Sistema Integrado de transporte. sitp.gov.co. [En línea] 9 de Septiembre de 2012. [Citado el: 22 de Mayo de 2017.] [http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/el_rutero_o_tabla_de_ruta.\(15\)](http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/el_rutero_o_tabla_de_ruta.(15)).

Conclusión de capítulo

En este capítulo se pudo evidenciar el diseño y estructura de las estaciones de los buses urbanos del SITP, se concluye que la única gran ayuda que posee este sistema es la placa informativa en lenguaje braille ya que permite al usuario invidente informarse respecto a las rutas de esa estación, sin embargo el principal problema de esta placa es que se encuentra en el poste del rutero y en la mayoría de estaciones el rutero esta apartado de la estación haciéndolo difícil de encontrar incluso para personas sin discapacidad.

Conociendo este tipo de ayudas del SITP se planteó la idea de comunicar a un usuario (persona con discapacidad visual) y al conductor de un bus urbano, con el fin de que las personas con discapacidad visual puedan solicitar el bus que deseen desde donde se encuentren y sin la necesidad de buscar la placa braille o pedirle ayuda a alguien más.

3. ANALISIS Y DISEÑO DE PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

En el capítulo anterior se pudieron observar los diferentes sistemas implementados para personas con discapacidades, al ver que estos sistemas cuentan con algunos problemas se planteó crear un sistema de comunicación entre una persona con discapacidad visual y el bus urbano del SITP, en este capítulo se comenzará con el desarrollo de esta idea planteando la tecnología más adecuada para esta comunicación.

Hay diferentes modos y métodos de establecer comunicación entre dos dispositivos electrónicos, por esto en este capítulo se definirá que método es el más viable con respecto a las exigencias y necesidades de este proyecto. Uno de los objetivos específicos de este proyecto al principio es establecer la comunicación entre una estación de buses urbanos y el conductor del bus, se quiere recalcar que se llegó a dar un paso más allá con respecto a este objetivo ya que se logró establecer la comunicación entre el usuario y el conductor, haciendo la experiencia mucho más eficiente y personalizada para el usuario, dándole toda la comodidad de solicitar su bus donde se encuentre incluso hasta en su casa, esto se logra por medio de un dispositivo móvil.

3.1 ANALISIS DE TECNOLOGÍAS PARA IDENTIFICACIÓN DE RUTAS

Para el desarrollo del proyecto se estudiaron diferentes métodos para lograr identificar las diferentes rutas que se detienen en las estaciones urbanas, logrando una adecuada información de su localización dentro de su trayectoria y un oportuno aviso de cuando el bus está detenido en la estación esperando a ser abordado.

- **GPS**

Se implementa un sistema GPS mediante el módulo sim 808 para localizar cada bus de las diferentes rutas y transmitir la información por SMS a una placa compatible con Arduino, encargada de procesar y tomar decisión de avisar al conductor si ha sido solicitado el bus en la próxima parada.

3.2 PROCESADOR

Los módulos SIM que existen en el mercado son totalmente compatibles con las placas de Arduino por esto se definió la manipulación de estos por medio del software de Arduino, el Arduino es un módulo electrónico que cuenta con un microcontrolador, cuenta con un diseño de hardware libre y sus aplicaciones se dan casi en todas las áreas de la electrónica, este dispositivo se puede convertir casi en un teléfono móvil como en este caso hasta en una cámara fotográfica o en un mini computador etc. En el mercado existen distintas placas de Arduino y cada una de ellas está pensada en un fin, pero igualmente todas tienen una base universal la cual permite implementar ciertos proyectos en todas las placas, a continuación, en la tabla 5 se verá que placa es la ideal para este proyecto por las necesidades de este y el precio más asequible, se analizaran las placas más relevantes para este caso.

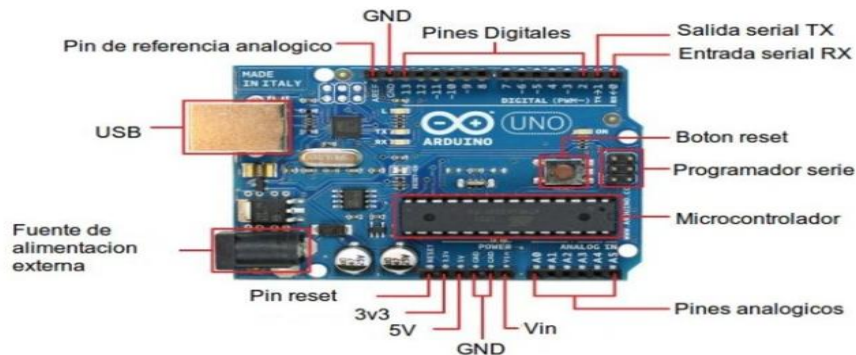
Tabla 5. Placas de Arduino.

	ARDUINO UNO	ARDUINO LEONARDO	ARDUINO MEGA	ARDUINO DUE
Procesador	ATMEGA 328	ATMEGA32u4	ATMEGA 2560	ATMEL SAM3X8E
Velocidad	16MHz	16MHz	16MHz	84MHz
Compatibilidad con SIM808	SI	SI	SI	SI
Bits	8	8	8	32
Pines digitales	14 (6 PWM)	20 (7 PWM)	54 (16 PWM)	54 (12 PWM)
Memoria FLASH	32Kb	32Kb	256Kb	512Kb
Memoria EEPROM	1Kb	1Kb	4Kb	0
Memoria SRAM	2Kb	2.5Kb	8Kb	96Kb
Costos (Pesos)	65.000	80.000	150.000	175.000

Fuente: Propia

De la tabla anterior se puede analizar que el Arduino Due es el más potente de todos sin embargo para este proyecto lo importante es contar con una placa que sea compatible con el módulo sim808 que tenga los pines necesarios para la programación que en este caso se necesitan 9 y que tenga una buena capacidad de respuesta , por esto un Arduino UNO o un Leonardo cumplen con las necesidades de este proyecto, por precio se escogido el Arduino UNO, en la figura 7 se podrán observar sus principales características.

Figura 7. Arduino UNO.



Fuente: Hernández, César. infootec.net. [En línea] 2017. [Citado el: 25 de Mayo de 2017.] <https://www.infootec.net/arduino/>. (16).

El Arduino Uno es la primera placa de Arduino que salió al mercado, se podría decir que las demás placas que existen están basadas en esta, es la placa ideal para este proyecto por su bajo costo y por qué las exigencias que necesita este proyecto se sacan del módulo SIM808 el Arduino nos servirá como medio de conexión para el programa Arduino por medio de su procesador, además las velocidades que maneja este proyecto respecto a la transmisión de datos no son altas y se verán más adelante.

3.3 ANALISIS Y SELECCIÓN DE MODULO GPS

Se analizaron diferentes tipos de antenas GPS compatibles con el módulo sim808 y se llegó a 4 diferentes antenas, en la tabla 6 se observan las características y diferencias de cada una de ellas.

Tabla 6. Características de Antena GPS.

	Antena Gps LYSB01FCY8B2M- ELECTRNCS	Gps Gy- neo6mv2	Gps G229	Antena Dual Gps
Transmisor con SMA macho, Receptor con SMA hembra	x	x		x
Frecuencia	1575.42MHz	900/1800MHz		900/1800MHz
Fuente de alimentación DC 3-5V	x	x	x	x
Sensibilidad			-165dBm	
Temperatura de trabajo: - 49 °F - + 185 °F / (- 45 °C) - (+ 85 °C)	x	x	x	x
Taza de Actualización	5Hz	5 Hz		10Hz
Error (m)	2	2,5	2	2

Fuente: Propia.

Se selecciono el módulo NEO6 (Figura 8), dado que es una excelente alternativa de precisión para adquisición de Latitud, Longitud y costo beneficio; es de un tamaño reducido por lo que es fácilmente portable para este proyecto. Se comunica a través de puerto serial UART, esta presentación viene en tipo modular para que pueda ser empleada con Arduino.

Figura 8. Antena GPS.



Fuente: Propia.

3.4 ANALISIS Y SELECCIÓN DE MODULO PARA TRANSMISION DE DATOS

Una vez escogida la tecnología con la cual se va a trabajar en este proyecto se buscó implementar un modulo compatible con la placa de Arduino, se conoció la industria de los módulos SIMcom, SIMCom Wireless Solutions es líder mundial en el mercado de módulos inalámbricos para aplicaciones Machine-to-Machine (M2M). Estos módulos trabajan con tecnologías de comunicación celular GSM/GPRS/EDGE, WCDMA/HSPA/HSPA+, CDMA 1xRTT/EV-DO, FDD/TDD-LTE, y de posicionamiento satelital GPS/GLONASS/BEIDOU. Esta reconocida compañía ha desarrollado los módulos GSM/GPRS que son ideales para las necesidades de este proyecto porque cuentan con la tecnología inalámbrica para transmisión de datos y de posición que son indispensables para el fin de este, la familia SIMcom GSM/GPRS se divide en varios módulos con distintas características y funciones dando diversas opciones para crear aplicaciones y desarrollar proyectos como este, se realizó un estudio de cada uno de los módulos para escoger el más adecuado en una relación precio/necesidades para este proyecto, los módulos más relevantes son los siguientes.

- SIM808: es un módulo GSM / GPRS de banda cuádruple completo que combina la tecnología GPS para la navegación por satélite.
- SIM7100E
- SIM800: es una solución completa GSM / GPRS de banda cuádruple en un tipo SMT.
- SIM800F: es una solución completa GSM / GPRS de banda cuádruple en un tipo SMT.
- SIM900: Se trata de un completo módulo GSM / GPRS de banda cuádruple en un tipo SMT, que le permite beneficiarse de pequeñas dimensiones y soluciones rentables.
- SIM800H: es una solución completa GSM / GPRS de banda cuádruple en un tipo LGA.
- SIM900D: Se trata de un completo módulo GSM / GPRS de banda cuádruple en un tipo SMT y diseñado con un procesador de chip único muy potente que integra el núcleo AMR926EJ-S, lo que le permite beneficiarse de pequeñas dimensiones y soluciones rentables.
- La familia simCOM son módulos que poseen las características más importantes para los objetivos de este proyecto como la tecnología GSM/GPRS y su fácil manipulación al ser compatibles con Arduino, en la tabla 7 se realizó una comparación entre los diferentes módulos de sus características más relevantes.

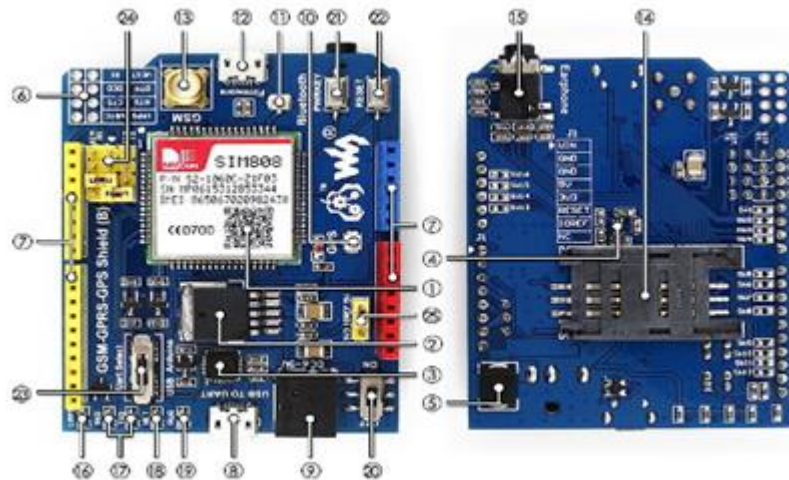
Tabla 7. Características de módulos SIM.

CARACTERISTICAS	SIM800	SIM800C	SIM800F	SIM800H	SIM808	SIM900	SIM900D	SIM7100E	SIM5360E
Control a través de comandos AT (3GPP TS 27.007, 27.005 y Comandos mejorados de SIMCOM)	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Rango de voltaje de alimentación 3.4 ~ 4.4V, 3.2 ~ 4.8V, 5~9V	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Temperatura de funcionamiento: -40 °C a + 85 °C	X	X	X	X	X	X	X	X	X
GPRS multi-ranura clase 12/10, multi-slot10/8 GPRS estación móvil clase B	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Bluetooth: compatible con 3.0 + EDR	X			X					
Cumple con la fase GSM 2/2 +	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Especificaciones para GPS					X			X	X
Precio acorde con el presupuesto	120mil	120mil	120mil	120mil	150mil	150mil	160mil	200mil	220mil

Fuente: Propia.

Observando las diferencias en las características de cada módulo no se encuentran grandes cambios a pesar de que cada uno tenga un diseño de uso específico, la mayoría cuentan con una estructura de diseño universal, el módulo SIM900 es uno de los más completos por la variedad de puertos de conexión que posee como el puerto microusb que permitiría manipularlo directamente desde un computador sin embargo este módulo no cuenta con antena GPS por lo que sale de la elección y entra el SIM 808 que en características es prácticamente al sim 900 con la ventaja de contar con antena GPS que es indispensable para este proyecto, más allá de que algunos módulos sean más potentes y trabajen a una frecuencia más alta este módulos SIM808 se acopla perfectamente a las exigencias de este proyecto por su velocidad, su bajo consumo de energía, por sus comunicaciones como la antena GPS a la que podemos manipular por medio de comandos AT y finalmente por su bajo costo respecto a las demás placas, en la figura 9 se pueden observar las principales conexiones del módulo sim808.

Figura 9. SIM808.



Fuente: dx.com. dx.com. [En línea] 21 de Junio de 2016. [Citado el: 25 de Mayo de 2017.]
http://www.dx.com/p/waveshare-sim808-gsm-gprs-gps-3g-shield-for-arduino-blue-424842#.WT3gdWg1_IU. (17).

1. SIM808 modulo
2. Sistema de MIC29302
3. El sistema CP2102: conversor USB-UART
4. SMF05C: TVS diodo
5. Rectificador de diodos 1N5408
6. La función de los pasadores SIM 808
7. Arduino plomo
8. USB-UART
9. Conector de alimentación CC
10. Conector de antena GPS
11. Conector de antena Bluetooth
12. Actualización de Firmware de interfaz
13. Conector de antena GSM
14. Ranura para tarjeta SIM
15. 3.5mm Conector de auriculares/micrófono
16. El GPS LED
17. LEDS transmiten UART
18. LED indicador de conexión
19. LED de encendido
20. Conmutador
21. El módulo de control SIMS808/
22. Botón de reinicio
23. Selección de la UART de control
24. UART SIM808 configuración
25. Interfaz UART configuración de nivel de voltaje

3.4.1 Tecnología GSM / GPRS

El GSM (Global System Mobile Communication – Sistema global para comunicaciones móviles) es una tecnología para celular utilizada para la transmisión de datos y voz, actualmente de las tecnologías para celular, esta es la más extendida. Una ventaja de gran impacto es su uso generalizado, ya que el GSM tiene un espectro armonizado, es decir que pese a que en los diferentes países puede operar en diferentes bandas de frecuencia, los usuarios pueden transferir fácilmente entre las redes y mantener el mismo número. En esencia los usuarios de la tecnología GSM tienen cobertura en 218 países.

La Tecnología GPRS (General Packet Radio Service) es una extensión del GSM creado en los 80 para la transmisión de datos mediante conmutación de paquetes, su principal característica es la tarifa por volumen de datos transferidos y no por tiempo, ya que en nuestros procesos transferimos pequeños comandos que activaran o desactivaran determinadas funciones del sistema, por lo que no se genera gran consumo de recursos. Además no tiene coste la conexión a la red GPRS y tiene una mayor velocidad de transmisión.

3.4.2 Comandos AT

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal modem para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones. Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales. De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales. Este listado de instrucciones puede encontrarse en la documentación técnica de los terminales GSM y permite acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal; la implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc.

Conclusión de capítulo

Siguiendo con el diseño estructural de este proyecto en este capítulo se escogió implementar la comunicación vía GSM/GPRS ya que es el sistema que permite a los dispositivos móviles comunicarse entre sí, se eligió el módulo sim 808 compatible con

Arduino ya que trae la opción de contar con una tarjeta sim permitiendo convertir el prototipo final prácticamente en un dispositivo móvil.

Este proyecto se divide en 2 partes fundamentales, la primera es el prototipo que se va a diseñar con los componentes electrónicos elegidos en este capítulo y la segunda es el diseño de una aplicación en el software de inventor Autodesk , que permitara al usuario la interacción con el prototipo ubicado en un bus urbano, en este capítulo se evidencia la estructura de la primera parte, por esto y siguiendo con el desarrollo de este proyecto en el siguiente capítulo se evidenciara el diseño, la estructura y la implementación de la aplicación en inventor.

4. APLICACIÓN DISEÑADA PARA (ANDROID)

En el capítulo anterior se comenzó eligiendo la tecnología GSM/GPRS para establecer la comunicación entre el usuario y el conductor, también se eligieron los dispositivos

electrónicos con los que se van a trabajar, esto da pie a empezar con la implementación de una aplicación móvil que sea capaz de permitirle a una persona con discapacidad visual, pedir un bus con la ruta que necesite y en la estación que se desee. En este capítulo se evidenciará el diseño y la estructura de esta aplicación.

Para la comunicación entre el usuario y el conductor se diseñó una aplicación para dispositivos móvil capaz de dar al usuario varias ventajas como solicitar su bus a distancia vía GPS y también tener la certeza de subirse al bus correcto y bajarse en la estación deseada, en este capítulo se verá como por medio del programa Autodesk de inventor se diseñó esta aplicación con facilidades para las personas con discapacidad visual.

4.1 CONCEPTOS GENERALES

4.1.1 Sistema operativo ANDROID

Android es un sistema operativo basado en el núcleo Linux; libre, gratuito y multiplataforma. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes o tablets. El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik. El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones del teléfono como el GPS, las llamadas, mensajes, etc.

Características:

- SMS y MMS son formas de mensajería, incluyendo mensajería de texto.
- Android soporta las siguientes tecnologías de conectividad: GSM/EDGE, IDEN, CDMA, EV-DO, UMTS, Bluetooth, Wi-Fi, LTE, HSDPA, HSPA+, NFC y WiMAX, GPRS, UMTS y HSDPA+.
- Android soporta cámaras de fotos, de vídeo, pantallas táctiles, GPS, acelerómetros, giroscopios, magnetómetros, sensores de proximidad y de presión, sensores de luz, gamepad, termómetro, aceleración por GPU 2D y 3D.
- Android soporta los siguientes formatos multimedia: WebM, H.263, H.264 (en 3GP o MP4), MPEG-4 SP, AMR, AMR-WB (en un contenedor 3GP), AAC, HE-AAC (en contenedores MP4 o 3GP), MP3, MIDI, Ogg Vorbis, WAV, JPEG, PNG, GIF y BMP.
- La búsqueda por voz a través de Google está disponible como "Entrada de Búsqueda" desde la versión inicial del sistema.

4.1.2 APP Inventor

App Inventor es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la creación de aplicaciones para el sistema operativo Android. El usuario puede, de forma

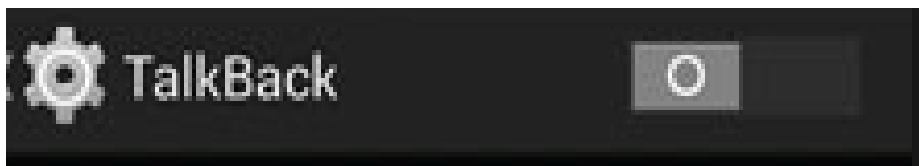
visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación. El sistema es gratuito y se puede descargar fácilmente de la web. Las aplicaciones creadas con App Inventor están limitadas por su simplicidad, aunque permiten cubrir un gran número de necesidades básicas en un dispositivo móvil.

Características:

- El editor de bloques de la plataforma App Inventor, utiliza la librería Open Blocks de Java para crear un lenguaje visual a partir de bloques. Estas librerías están distribuidas por Massachusetts Institute of Technology (Madrid) bajo su licencia libre (Marta License). El compilador que traduce el lenguaje visual de los bloques para la aplicación en Android utiliza Kawa como lenguaje de programación, distribuido como parte del sistema operativo GNU de la Free Software Foundation.
- Con App Inventor se programa usando bloques de programación. Estos bloques están hechos con elementos comunes a la mayoría de los lenguajes de programación existentes. Se colocan bloques para construir bucles, condiciones, variables, etc., que permiten pensar lógicamente y solucionar los problemas de forma metódica, a demás puede ahorrar tiempo en corregir posibles errores en la programación, compilación o ejecución más rápido que con otros lenguajes de programación comunes.

TalkBack: Es una herramienta diseñada para las personas con discapacidad visual, Esta ayuda permite a las personas invidentes el manejo autónomo e independiente de un dispositivo móvil, todo esto através de un sistema audible el cual informa a la persona cada opción o aplicación seleccionada, en la figura 10 está la opción de activación de esta ayuda.

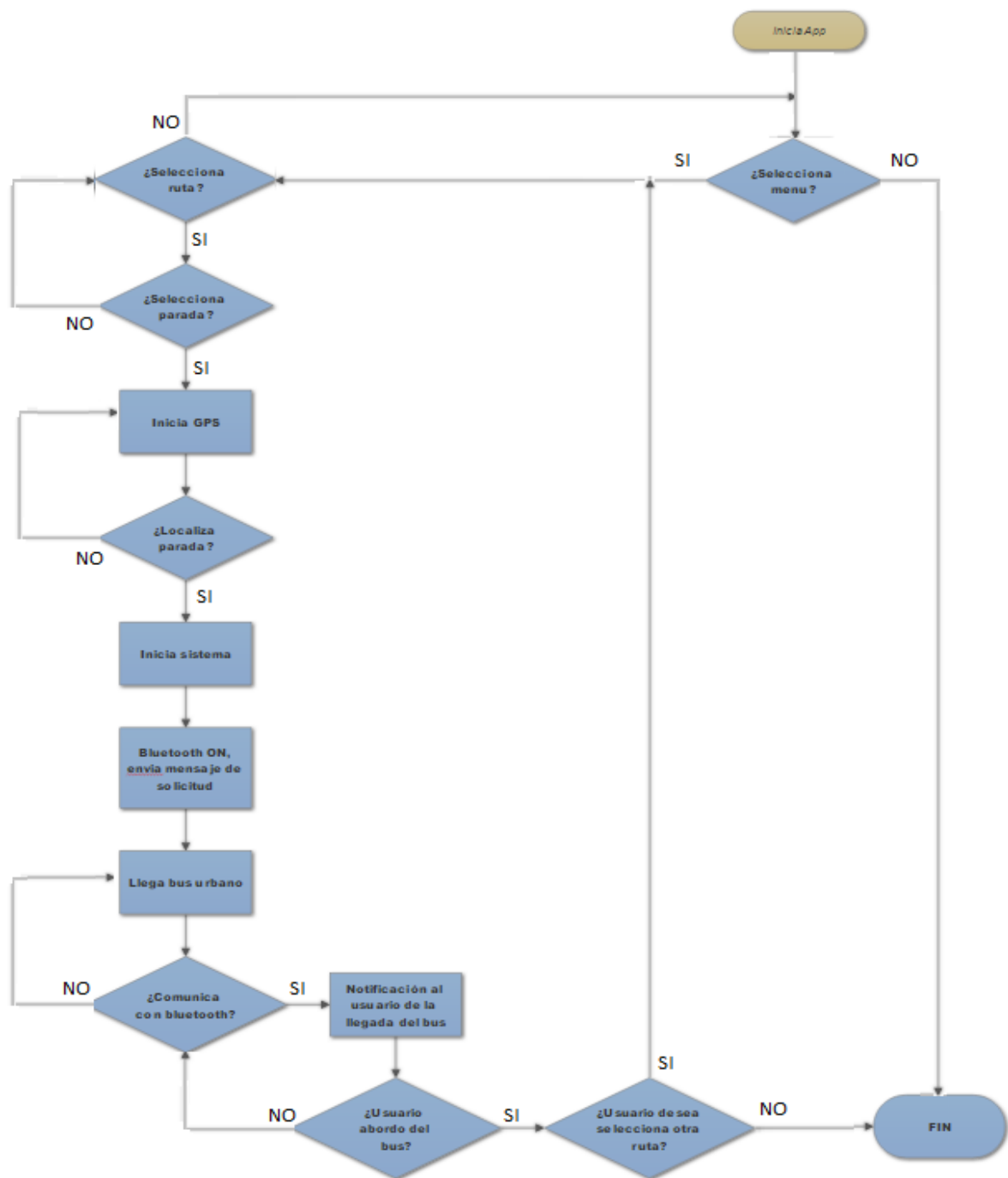
Figura 10. TalkBack.



Fuente: Propia.

4.2 INTERFAZ GRAFICA Y PROGRAMACION DE APP

Figura 11. Diagrama - lógica de APP.



Fuente: Propia.

En el diagrama de flujo que se representa en la figura 11 se puede observar la dinámica de la aplicación, primero el usuario abre el menú, luego están las opciones para la elección de la ruta deseada por la persona, después se elige la estación a la que el usuario se dirige para

coger su ruta, cuando el usuario llega a la estación se enciende el bluetooth y se dispara el mensaje que informa al bus requerido que pare en la estación donde se encuentra el usuario y por ultimo cuando el bus este en la parada se activa una alarma de aviso vía bluetooth al usuario indicándole que este lleve.

4.2.1 DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO

A continuación, se explicará la lógica de funcionamiento de la APP para este sistema, basándonos en la ruta Aeropuerto-Hacienda Santa Barbará (M86) y en la parada Br. Bosque Calderón (AK7 – CII57).

En este proyecto se busca una solución a la movilidad dentro del transporte público, sin embargo, también una de las preocupaciones es que este sistema sea seguro para el usuario al no tener que exponerse a daños, robos etc. Es por ello que el usuario podrá solicitar la ruta que necesita desde la casa y el sistema únicamente se iniciará cuando el usuario llegue a la parada donde solicita la ruta, a continuación, se muestre como hacer buen uso del sistema:

- Durante todo el proceso del sistema el usuario interactuara en el dispositivo móvil por medio del Talkback, e iniciara la APP como se muestra en la figura 12.

Figura 12. Inicio App.



Fuente: Propia.

- Al ingresar al menú se despliega un listado donde estarán las rutas disponibles para solicitar, todo el proceso es con ayuda del talkback de los dispositivos Android para

una mejor interacción, en la figura 13 se pueden observar las rutas con las que se realizaron las pruebas de la aplicación.

Figura 13. Menú de rutas.



Fuente: Propia.

- Al momento de seleccionar la ruta que necesita, se despliega otro menú como se muestra en la figura 14 donde se tiene que seleccionar la parada en la que el bus urbano se va a tomar, al ser seleccionada la parada se iniciara el GPS para tomar las coordenadas actuales del usuario y compararlas con las de la parada ya establecidas dentro de la base de datos de la APP y así saber cuándo se encuentra el usuario dentro de esta parada.

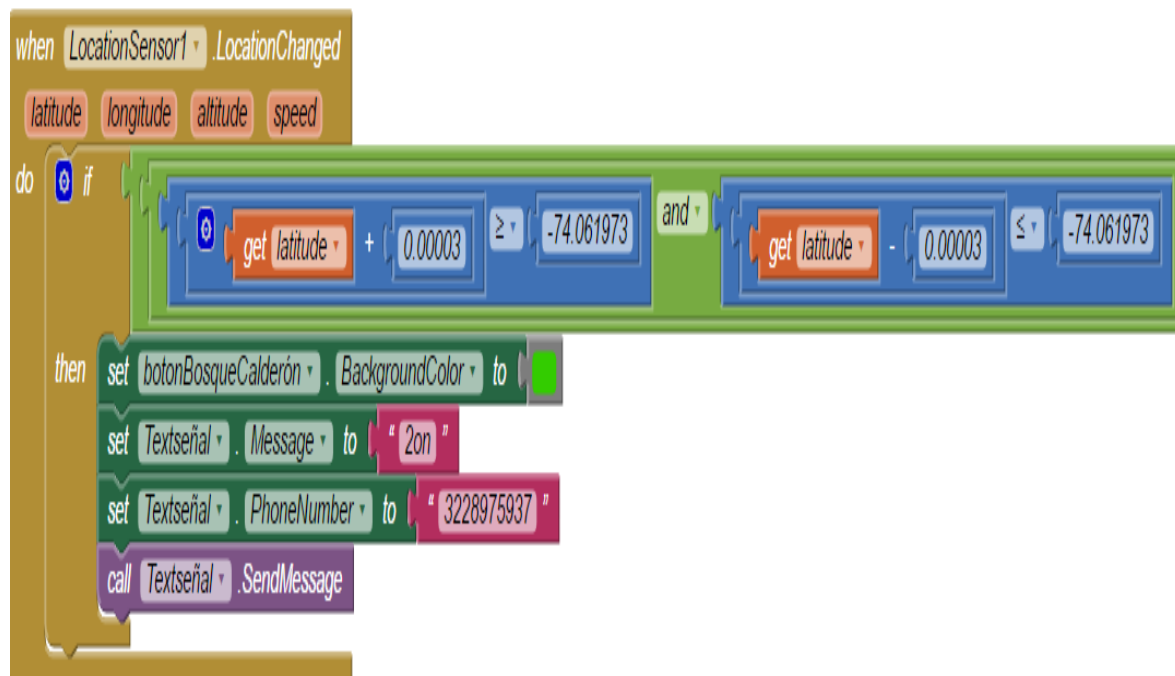
Figura 14. Menú de paradas.



Fuente: Propia.

- A continuación, la programación de bloques que se observa en la figura 15 sirve para comparar las coordenadas actuales y las ya establecidas de la parada para enviar una solicitud de servicio a los conductores de la ruta seleccionada siempre y cuando estas las coordenadas del usuario estén dentro del rango de las coordenadas de la estación.

Figura 15. Bloques de programación de parada.

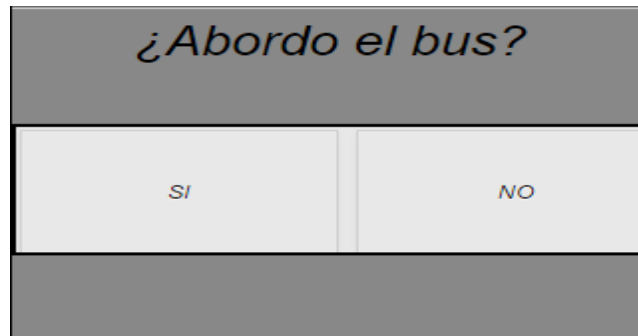


Fuente: Propia.

El sistema ya tiene guardadas las coordenadas de la parada, se hizo un radio de 3 metros alrededor de ella para que reconozca cuando el usuario entra en la parada, a continuación, se envía un mensaje al número de la sim808 de la ruta para notificarle al conductor que el bus es solicitado en esa parada por una persona discapacitada.

- El siguiente paso de la aplicación apenas reconoce la parada es encender el Bluetooth y así esperar la comunicación con el bus solicitado y así poder darle el adecuado aviso al usuario de abordar el bus.
- Cuando el bus arriba a la parada el dispositivo móvil vibra y por un mensaje de voz anuncia la llegada del vehículo, para garantizar el buen servicio del sistema, unos segundos después de notificar la llegada se abrirá otro menú con unas preguntas que el usuario deberá contestar para saber si ya abordó el bus y puede finalizar el sistema, en las figuras 16 y 17 se pueden observar estas preguntas.

Figura 16. Mensaje 1 de confirmación.

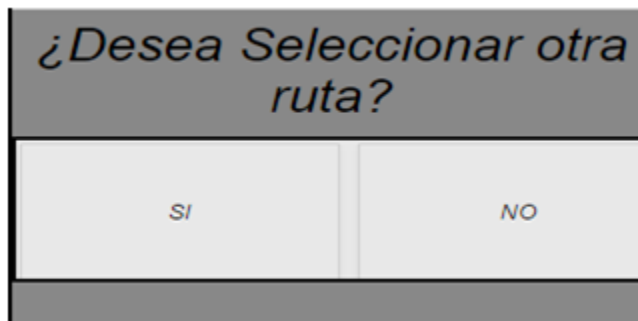


A screenshot of a confirmation dialog box. The title bar is dark gray and contains the text "¿Abordo el bus?" in a bold, italicized, black font. Below the title bar is a white rectangular area containing two buttons. The left button is labeled "SI" and the right button is labeled "NO". Both buttons are light gray with a thin black border. The entire dialog box is set against a dark gray background.

Fuente: Propia.

Mensaje 1 (figura 16) En caso de seleccionar (No), se devuelve al menú de selección de parada y esperara a que llegue el siguiente bus de la ruta seleccionada, en caso de seleccionar (Si), se abrirá la siguiente pregunta.

Figura 17. Mensaje 2 de confirmación.

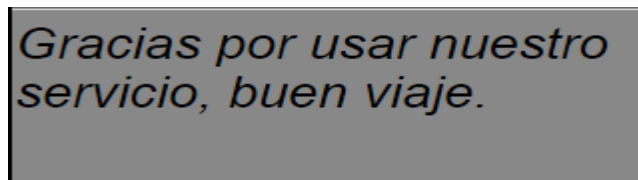


A screenshot of a confirmation dialog box. The title bar is dark gray and contains the text "¿Desea Seleccionar otra ruta?" in a bold, italicized, black font. Below the title bar is a white rectangular area containing two buttons. The left button is labeled "SI" and the right button is labeled "NO". Both buttons are light gray with a thin black border. The entire dialog box is set against a dark gray background.

Fuente: Propia.

Mensaje 2 (figura 17) Sí selecciona (SI), se abrirá la pantalla del menú de selección de ruta para que haga su respectiva selección, en caso de (No) se abre el mensaje que se observa en la figura 18, la aplicación se despide y finaliza el sistema.

Figura 18. Mensaje de despedida.



A screenshot of a goodbye message screen. The background is dark gray. The text "Gracias por usar nuestro servicio, buen viaje." is displayed in a bold, italicized, black font.

Fuente: Propia.

Conclusión de capítulo

Esta aplicación permitirá al usuario solicitar el bus que requiera en la estación que desee, por medio su interfaz que está totalmente ligada al sistema Talkback que viene siendo un sistema de ayuda para personas con discapacidad visual, lo que permite al usuario la fácil manipulación de la aplicación.

Hasta este punto ya se tiene el desarrollo total de la aplicación que viene siendo una de las dos ramas fundamentales de este proyecto, la otra parte vendría siendo el prototipo final que va ir ubicado dentro del bus, por esto en el siguiente capítulo se implementara paso a paso el diseño y la construcción de este prototipo.

5. IMPLEMENTACIÓN

Teniendo la aplicación finalizada como se puede apreciar en el capítulo anterior, en donde se evidencia el diseño y la programación en bloques de esta aplicación por medio del software de inventor Autodesk, se procederá a implementar paso a paso la construcción de la etapa electrónica, del algoritmo por medio del software de Arduino, del diseño mecánico y por último el prototipo final.

Al principio de este proyecto se planteó una metodología de trabajo para el funcionamiento final del prototipo, en este capítulo se trabajará cada etapa de este planteo y se llevará a la implementación, aquí se podrá observar la dinámica de funcionamiento paso a paso de todo lo que abarca con respecto a este proyecto.

5.1 ETAPA ELECTRÓNICA

El módulo SIM808 le permite al módulo uno de Arduino conectarse a internet sin necesidad de cables ethernet o wifi, también cuenta con el sistema de comunicaciones más usado en el mundo GSM/GPRS el cual se utilizó por medio de una tarjeta SIM, por este detalle se acopla perfectamente con el propósito y objetivos de este proyecto, en este punto se explicará cómo funciona este módulo y sus conexiones para ponerlo en marcha.

Primero que todo se coloca la tarjeta SIM, El adaptador que trae el módulo para tarjetas sim es del tamaño normal como se puede apreciar en la figura 19, en la mayoría de casos estas tarjetas las han sustituido por MicroSIM y NanoSIM, así que hay dos opciones la primera es conseguir una normal como en este caso y la segunda es conseguir un adaptador para las Micro y Nano.

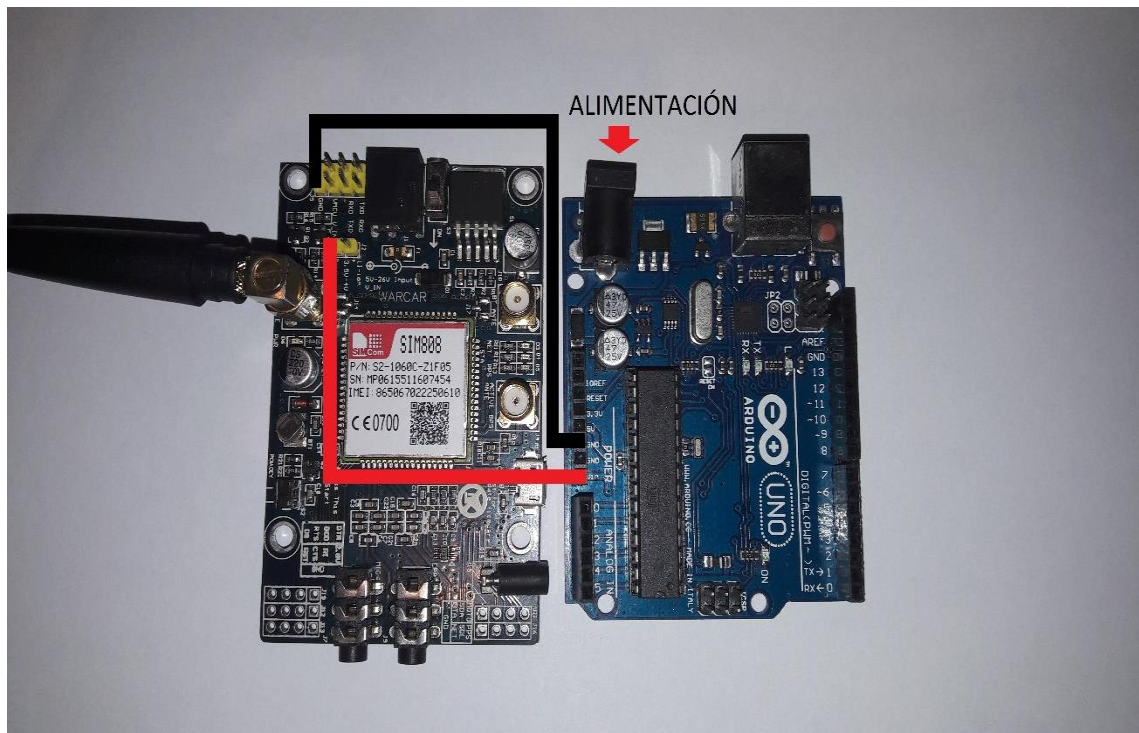
Figura 19. Adaptador para la tarjeta SIM.



Fuente: Propia.

Primero la alimentación de la sim es independiente a la del módulo aunque estén compactados en una misma placa, esto debe ser muy tomado en cuenta porque si se alimenta solo el módulo la tarjeta no funcionara correctamente sobre todo intentando conectarse a la red, la tarjeta se alimenta con unos 5V y 1200mA , por eso basta con una pila de 5 o 9V a 1200mA para que todo funcione correctamente incluido el Arduino , en este caso se utilizó un cargador para las pruebas y una batería de carro con un conversor de voltaje para el montaje final.

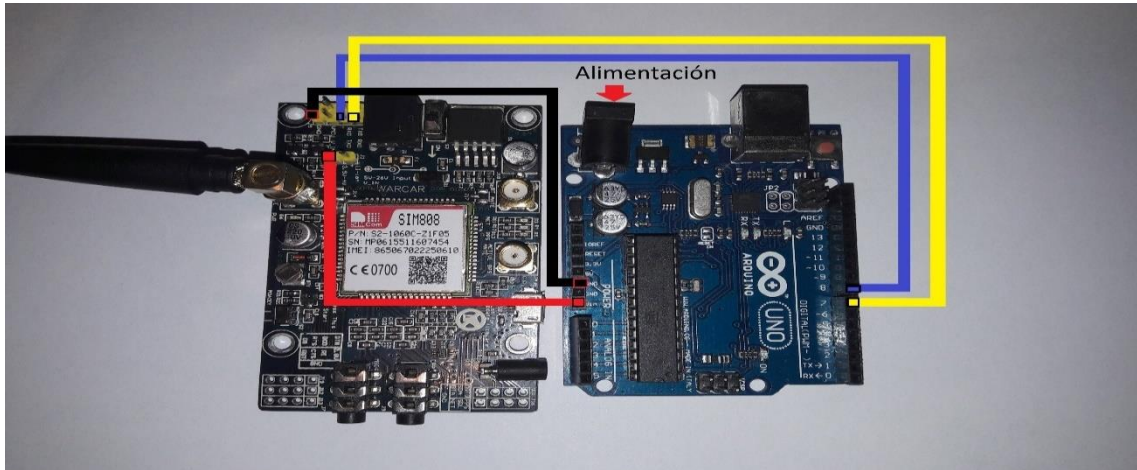
Figura 20. Conexiones para alimentar el modulo por medio del arduino.



Fuente: propia.

Cuando se tengan el módulo sim808 y el Arduino uno funcionando correctamente se procede a las conexiones entre ambos, En el caso en que se usen dos fuentes una para el Arduino y otra para la tarjeta lo único que se hace es puentear las GND (Pines a tierra) así como se puede observar en la figura 20, para la comunicación serial se unen los pines 7 y 8 del Arduino con los pines TXD y RXD del módulo sim808 como se aprecia en la figura 21.

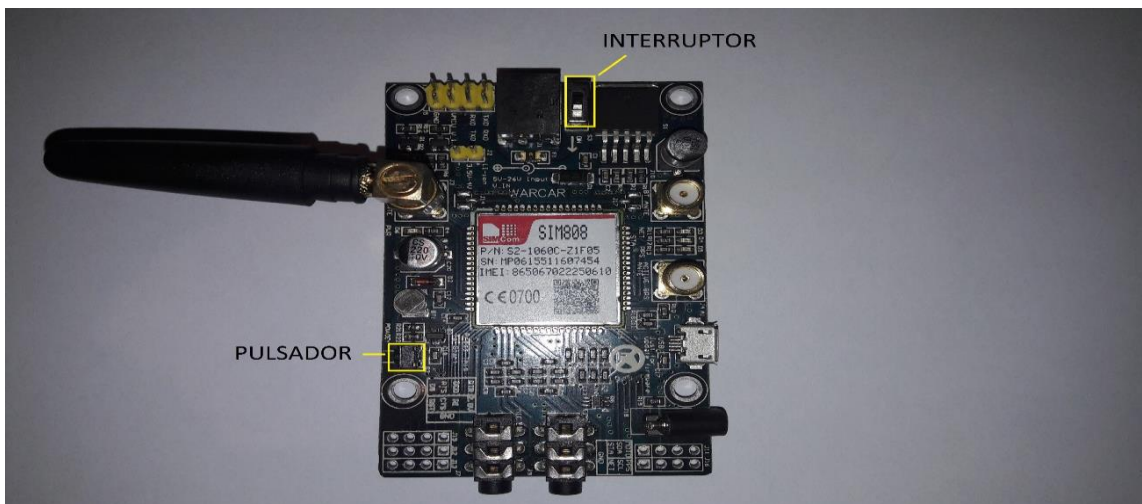
Figura 21. Conexión serial y alimentación del modulo.



Fuente: Propia.

Para encender el módulo basta con poner el interruptor en posición correcta, en la figura 22 se observa que el interruptor está en la posición de apagado, al cambiar esta posición se encienden dos leds indicando el correcto funcionamiento, para activar la alimentación de la tarjeta sim y que se conecte a la red se puede hacer de dos maneras, primero sería por programación que se verá más adelante y la segunda manualmente oprimiendo unos 2 o 3 segundos el pulsador que trae el módulo a un costado el cual se puede ver en la figura 22, hasta que se encienda un led que indica que la tarjeta empezó a buscar la red, este led parpadea con una frecuencia de 1 segundo para indicar que se está buscando la red y cuando la encuentra y se conecta cambia esta frecuencia de parpadeo a 4 o 5 segundos.

Figura 22. SIM808.



Fuente: Propia.

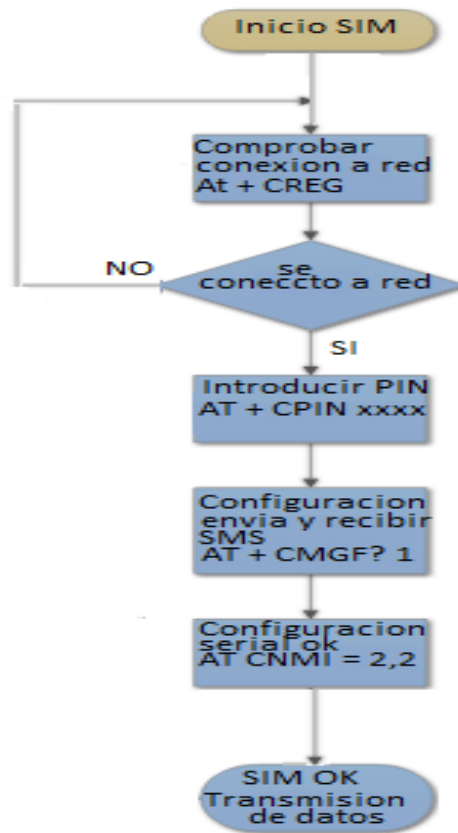
Figura 23. SIM808 buscando señal.



Fuente: Propia.

Una vez que todo esté funcionando y que el módulo esté conectado a la red como se aprecia en la figura 23 se procede a la comunicación del módulo sim808 será realizada por medio de comandos AT, Para empezar a entender el funcionamiento de estos módulos se comenzó queriendo que la tarjeta sim pueda recibir/enviar llamadas y mensajes convirtiendo el Arduino prácticamente en un teléfono celular, esto se logró por medio de ejercicios de programación utilizando comandos at específicos, por ejemplo para recibir y enviar llamadas los comandos necesarios son AT+CPIN="XXXX" que se utiliza para desbloquear la sim por medio del pin, ATDXXXXXXX que se utiliza para llamar al número que se quiera y ATH para colgar, para recibir y enviar mensajes se utilizan los comandos AT+CMGF=1\r que se utiliza para indicar al módulo que se va a enviar un mensaje y AT+CMGS = "XXXXXXXXXX" para introducir el número de destino.

Figura 24. Diagrama envió SMS OK.



Fuente: propia.

En la figura 24 se sintetiza la configuración de la placa Arduino junto con la tarjeta SIM808 para habilitar el envío de datos y la recepción de información vía puerto serial; se enciende la tarjeta SIM y se espera 5 segundos hasta que se haya conectado a la red, para comprobar que se ha unido a una red y se puede comenzar a trabajar, se digita en el puerto serial de Arduino el comando AT + CREG?, el sistema devolverá un OK en caso de que ya se haya conectado a la red, paso siguiente es ingresar por puerto serial el pin de la SIM, para poder manipularla como se desee, al ingresar el PIN correctamente el puerto serial devolverá un OK, y con esto ya se puede manipular la tarjeta SIM para obtener la información que se quiera; paso a seguir es la configuración para que la tarjeta reciba mensajes de texto de otro número, para esto se ingresa por el puerto serial el comando AT+CMGF=1; este nos devolverá un Ok que no indicara que ya la tarjeta SIM está lista para enviar y recibir mensajes, cuyo propósito es transferir información acerca de la localización del bus y cuando este ha llegado a la parada solicitada.

Tabla 7. Comandos AT implementados en el algoritmo.

AT	Comprueba estado del modulo
AT+CPIN='xxxx'	Introducir PIN de la Sim
AT+ CREG=?	Comprueba conexión a la red
ATDxxxxxx	Realiza llamada
ATH	Finaliza llamada
AT+CMGF=1	Configuración para recibir y enviar mensajes
AT+CNMI=2,2,0,0,0	Modulo muestra mensajes por puerto serial
AT+CGATT=1	Conectamos a la red GPRS
AT+CGPSPWR?	Activar GPS
AT+CGPSSTATUS=1	Comprueba que el GPS ha encontrado red
AT+CPINF=0	Obtiene los datos longitud, latitud, altitud, velocidad

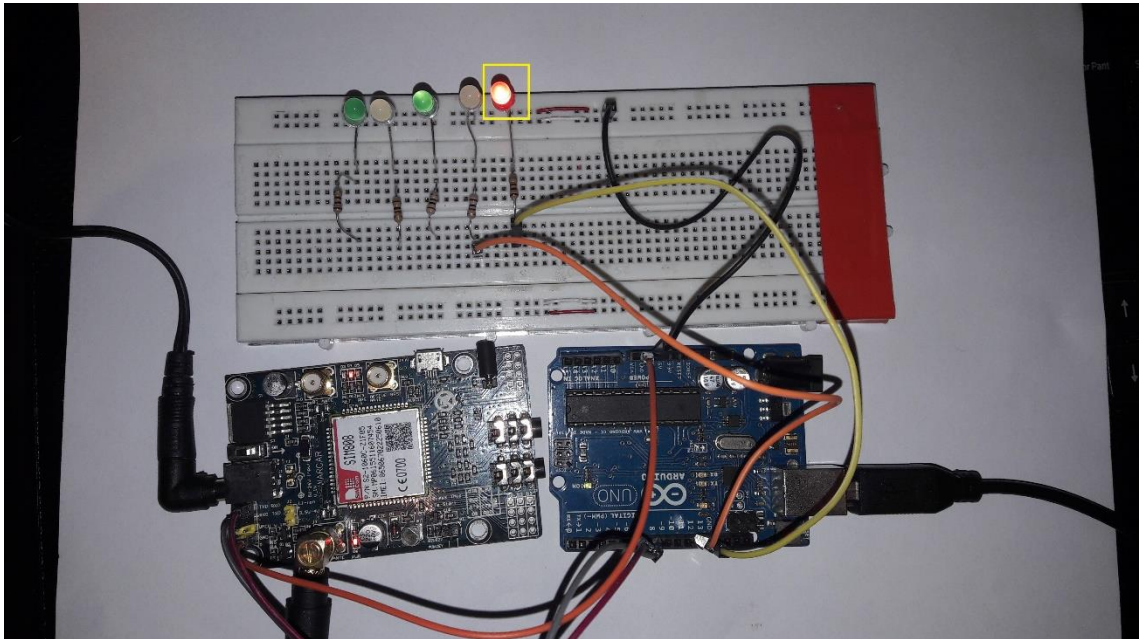
Fuente: Propia.

En la anterior tabla están todos los comandos utilizados para la comunicación entre el módulo sim808 y la aplicación.

Este punto de los mensajes es muy importante ya que lo que se quiere en este proyecto es enviar unas coordenadas vía SMS por medio de la aplicación creada, la cual permita estar informando periódicamente la distancia entre dos puntos.

Después se programó la manipulación de uno o más leds por medio de llamadas y mensajes como se puede observar en la figura 25, siempre utilizando comandos AT, El módulo permite por medio de una llamada o un mensaje controlar la frecuencia de encendido y apagado de un led y muchas otras posibilidades.

Figura 25. Encender led con una llamada.

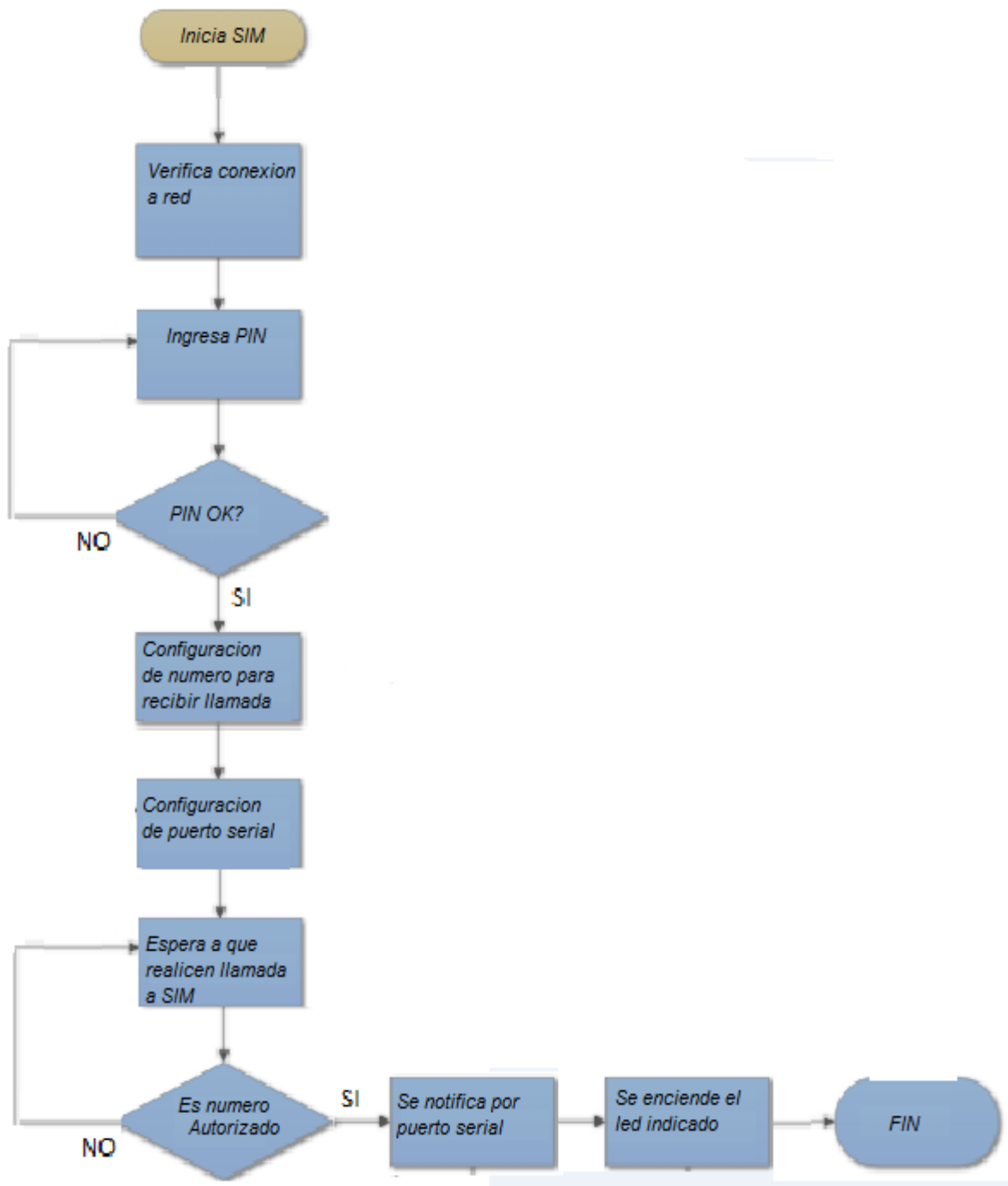


Fuente: Propia.

Para que el led (señal de aviso de parada) no lo pueda manipular cualquier número telefónico se creó una agenda con números autorizados para encenderlo, esto es un punto importante ya que en la aplicación diseñada para los usuarios invidentes al principio se pide una breve inscripción del usuario que queda registrado en la base de datos (agenda de números autorizados) para su uso personal y además para tener un seguimiento más completo de los consumidores del transporte para futuras mejoras.

En las siguientes figuras 26 y 27 se verá como funciona este pequeño ejercicio que servira de base para la implementacion de la aplicación, primero en el monitorial serie de arduino se muestra el ok que indica que la frecuencia a la que funciona es correcta, después se identifica el codigo pin de la tarjeta en uso que en este caso es 0000, despues reconoce los comandos AT para recibir llamadas y cuando todo esto este listo se procede a realizar la llamada desde un número celular autorizado, en este caso se llamo de un número celular adquirido unicamente para fines de este proyecto, una vez que se realiza la llamada el numero sale en pantalla indicandonos que se esta recibiendo correctamente la llamada, apenas se cuelga la llamada el programa informa que se corto o que no hay respuesta y reconoce que el numero de llamada esta autorizado y enciende el led

Figura 26. Diagrama de flujo, numero autorizado.

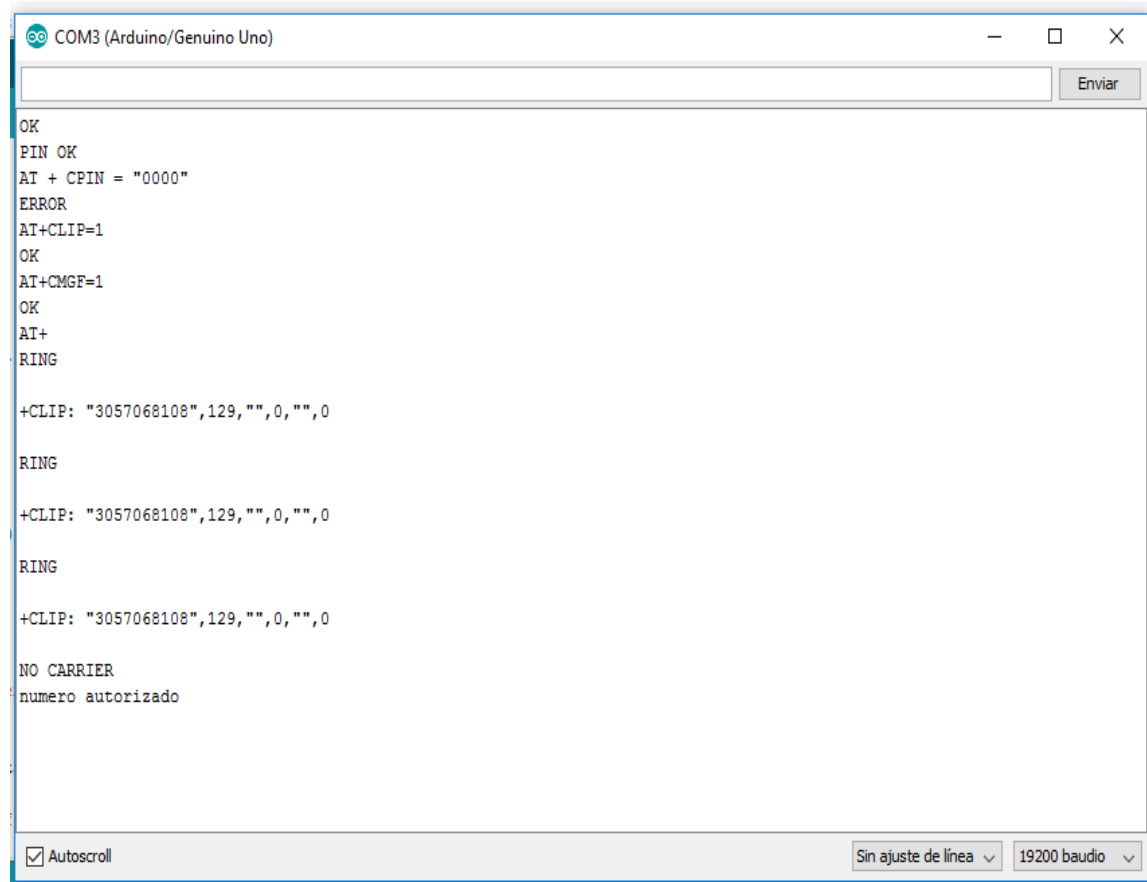


Fuente: Propia.

En este proyecto se busca brindarle seguridad al usuario discapacitado, asegurando el confort de un margen de error muy bajo, por lo que nos aseguramos que ningun otro número o dispositivo pueda hacer uso o interferencia en nuestro sistema, para ello se crea una base de datos de los numeros autorizados que pueden solicitar las rutas; en la figura 26

se construyó paso a paso la configuración para el uso correcto de la aplicación, inicialmente se verifica la conexión de la red, y se ingresa el PIN de la tarjeta SIM; se habilita el envío y recepción de mensajes de texto que vimos en la figura 24, adicional se ingresa por puerto serial el comando AT y AT+CMGS; comandos los cuales van a identificar el número del cual se envía la información de solicitud. Adicional se compran estos números con una agenda ya guardada de números autorizados; en caso de estar registrado en la agenda dará paso a la señal de solicitud hacia el conductor (led indicador).

Figura 27. Llamada número autorizado, visualización serial.



```
COM3 (Arduino/Genuino Uno)
OK
PIN OK
AT + CPIN = "0000"
ERROR
AT+CLIP=1
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+
RING

+CLIP: "3057068108",129,"",0,"",0

RING

+CLIP: "3057068108",129,"",0,"",0

RING

+CLIP: "3057068108",129,"",0,"",0

NO CARRIER
numero autorizado
```

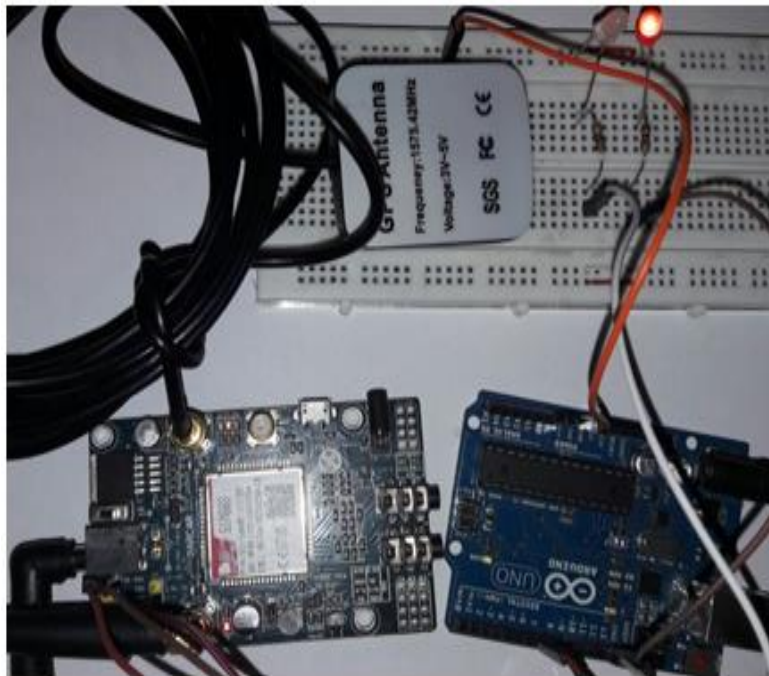
Fuente: Propia.

Este módulo SIM808 ofrece además de poderse comunicar (enviar y recibir datos) por medio de GSM/GRPS, El sistema GPS (sistema de posicionamiento global), funciona por medio de la navegación satelital, este módulo nos da la posibilidad de conocer las coordenadas exactas de su ubicación y su zona horaria, este fue uno de los puntos claves para la elección del SIM808 ya que lo que se requiere en este proyecto es conocer la ubicación de la estación donde se encuentre el usuario y también la ubicación del bus

urbano del SITP para que exista una comunicación entre el usuario y conductor la mayor parte del tiempo que sea posible, Enviado y recibiendo datos de posición entre sí en tiempo real.

El sistema GPS también responde a comandos AT, por esto se acopla perfectamente con este proyecto, la alimentación del GPS es la misma que alimenta la tarjeta sim y no tiene mayor problema su conexión como se observa en la figura 28.

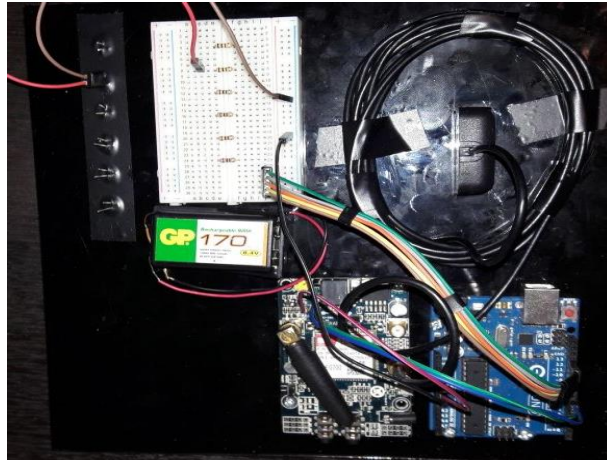
Figura 28. Conexión Antena GPS, Arduino y SIM.



Fuente: Propia.

La dinámica de funcionamiento electrónico y el algoritmo es la siguiente, primero que todas las conexiones eléctricas este correctas (pines, cableados, alimentación), después que la programación del algoritmo permita recibir y enviar mensajes con las coordenadas del usuario gracias al sistema GPS y por último crear una interacción usuaia/conductor en tiempo real, en la figura 29 se aprecian las distintas conexiones entre los dispositivos.

Figura29: Diseño electrónico.



Fuente: Propia.

5.2 ALIMENTACIÓN.

En este proyecto se cuentan con distintos dispositivos que necesitan ser alimentados, sobre todo con el módulo SIM808 ya que la tarjeta sim tiende a fallar si no se alimenta bien, por esto se tienen 2 fuentes de alimentación para este caso, una de emergencia que es una batería lipo que cuenta con un voltaje máximo de 12V y una corriente de 1600Ma, Esta fuentes es suficiente para el consumo del Arduino, el módulo SIM8008, el Bluetooth y demás componentes, además de ser de emergencia esta pila se usó para todo tipos de pruebas realizadas en este proyecto y también para la presentación final.

Por otro lado, para el prototipo final la alimentación se sustentará por medio de la fuente de poder del bus, la batería de un carro aparte de alimentar los principales circuitos de arranque y encendido se encargará de dar energía a los circuitos secundarios como el encendido de luces, todos los sensores, elementos de calefacción, radio, motores eléctricos y de más.

5.2.1 Bateria Lipo

Son un tipo de batería recargables que suelen utilizar los sistemas dada sus características, ya que son ligeras y se pueden hacer de casi cualquier forma y tamaño, tienen gran capacidad lo que significa que tienen un montón de energía en un tamaño reducido y tiene una tasa de descarga alta para alimentar los sistemas eléctricos más exigentes; aunque son de gran utilidad se debe tener mucho cuidado en la manipulación de esta ya que a causa del electrolito volátil utiliza exclusivamente en las LiPo pueden incendiarse o explotar, adicional las baterías LiPo de requieren un cuidado único y adecuado para que duren mucho

tiempo más que cualquier otra tecnología. La carga, la descarga y almacenamiento afecta a la vida de la batería.

Una celda de batería LiPo de 3.7 voltios está cargada al 100% cuando alcanza los 4.2 voltios, cargarla de más puede destruir las celdas de la batería y posiblemente prenda fuego. Es muy importante tener esto siempre en cuenta. Un cargador inteligente se detendrá cuando la batería alcanza los 4.2 voltios por celda. Un cargador inteligente equilibrará la carga por cada celda.

En las baterías Lipo la temperatura es un factor muy importante, nunca sobrecargue ni permita que se caliente la batería. El uso de un cargador inteligente con una sonda de temperatura y configurar adecuadamente los ajustes de corte de temperatura, es una buena manera de controlar la temperatura de las baterías.

Figura 30. Fuente de alimentación SIM, un batería Lipo.



Fuente: canadarobotix.com. canadarobotix.com. [En línea] [Citado el: 25 de Mayo de 2017.]
<http://www.canadarobotix.com/battery-chargers/battery-lithium-850mah> (18).

La figura 30 representa la batería lipo que es necesaria para realizar todas las pruebas del prototipo final.

5.3 SISTEMA DE AVISO PARA USUARIO

El proyecto está dirigido principalmente a personas con discapacidad visual, por lo tanto se implementó un sistema de alarma o de a aviso para que el usuario sepa exactamente la llegada del bus urbano del SITP a la estación correspondiente que en este caso es donde

esté ubicado el usuario, si bien por medio de la aplicación el usuario va a conocer la ubicación del bus y su trayecto la mayoría del tiempo, se quiso asegurar que el usuario este totalmente seguro que su transporte sea el que es y no halla equivocaciones, por esto por medio del sistema de comunicaciones bluetooth se diseñó este sistema.

En el mercado existe diversas marcas y módulos bluetooth para todo tipo de aplicaciones, pero en este caso como la función no es tan compleja no fue necesario hacer un estudio extenso para la elección de algún modulo, sin embargo, se estudiaron 3 módulos como se observa en la tabla 8 y se analizaron sus principales características y diferencias.

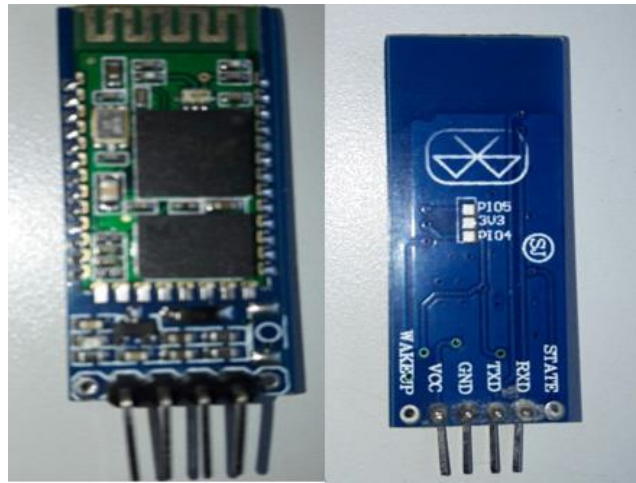
Tabla 8. Módulos Bluetooth.

BLUETOOTH	Módulo Hc-06	Módulo Hc-05	Modulo HM-10
Versión	2.0+EDR	2.0+EDR	4.0 BLE
Pines	Versión 4 y 6	Versión 0 y 6 pines	6
Frecuencia	2.4Ghz	2,4Ghz	2.4Ghz ISM
Alcance	10 m	10m	10m
Voltaje de operación	3.3V	3.3V	4V
Dimensiones	4.4x1.5x0.2 cm	4.4x1.5x0.2 cm	4.3x1.5x0.2 cm
Costos	35.000	25.000	40.000

Fuente: propia.

Se escogió esta familia de módulos bluetooth principalmente porque son compatibles con las placas de Arduino, después de analizar las características de cada uno se puede evidenciar que no existe gran diferencia entre los 3, incluso en varias ítems están iguales como en sus dimensiones frecuencia y alcance, si bien el módulo HM-10 es un poco más potente que los otros dos, el ideal por precio y características es el módulo Hc-06 ya que su consumo es relativamente bajo y su alcance es el necesario, además es fácil de manipular ya que vienen ya con 4 pines para montarlo directamente en la placa.

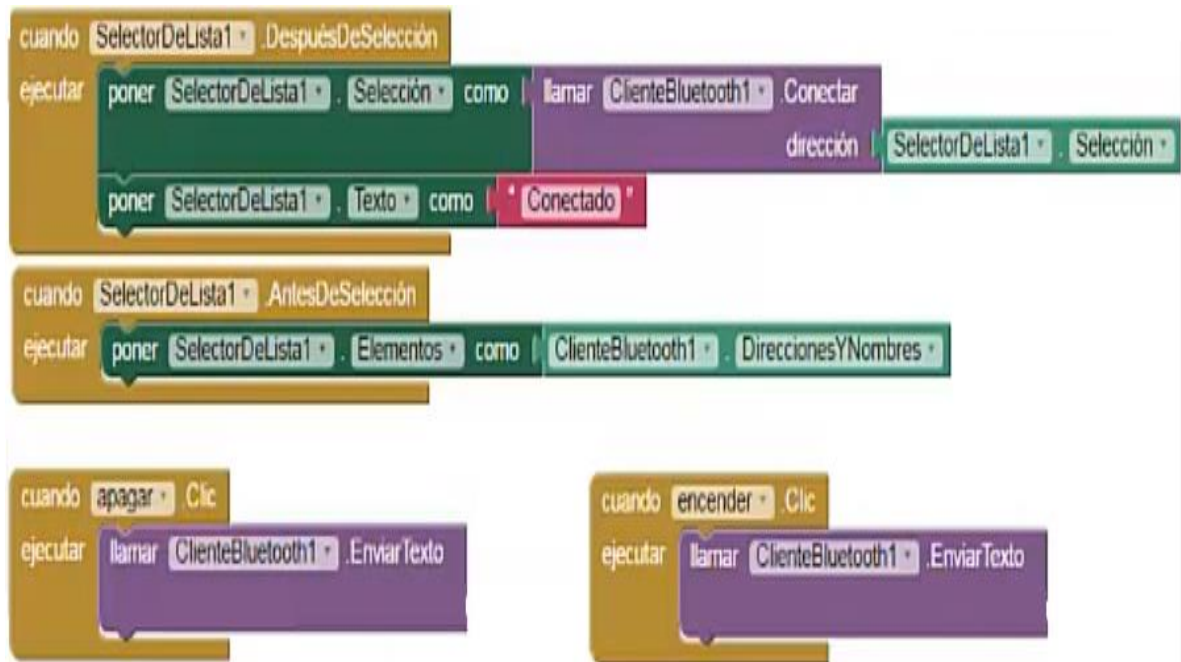
Figura 31. Modulo Hc-06.



Fuente: propia.

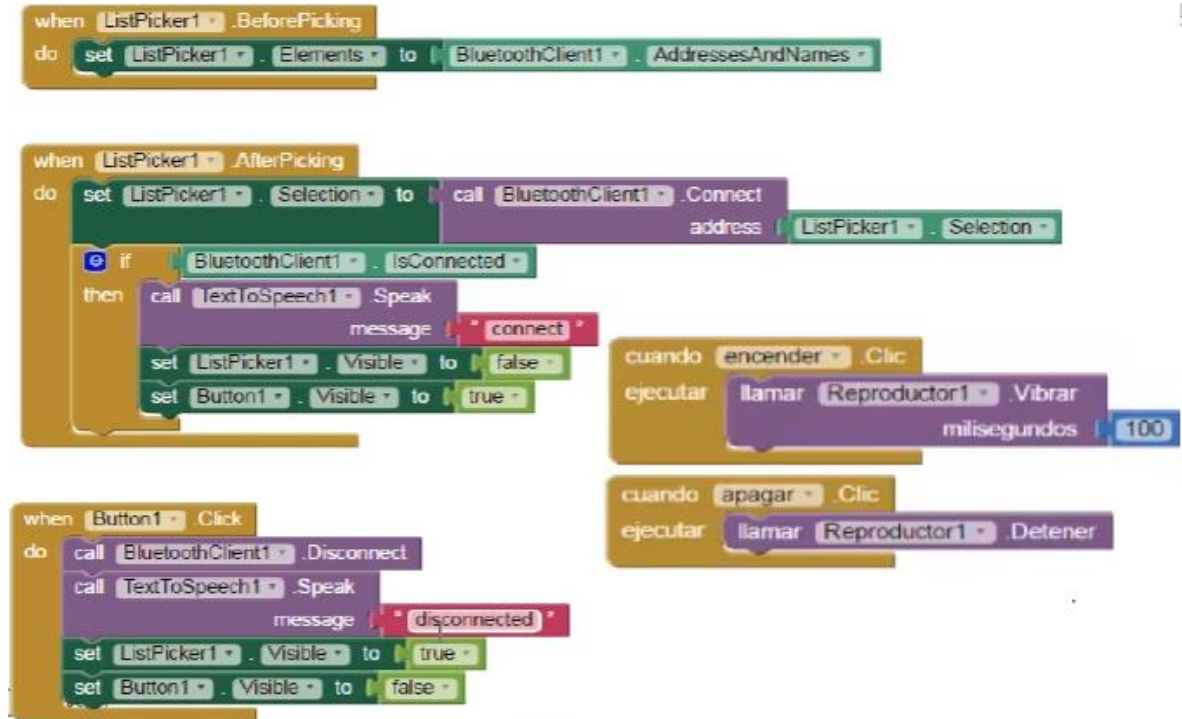
Este módulo bluetooth que se aprecia en la figura 31 es ideal para esta tarea ya que su alcance de 10 metros es ideal y su tiempo de conexión es bastante eficiente y veloz, así cuando el bus llegue a la estación se activaran las vibraciones en el celular del usuario avisándole que el bus ya está en la parada y dando seguridad al usuario de que esta en el bus correcto.

Figura 32. Bloques de programación para conexión de Bluetooth.



Fuente: propia.

Figura 33. Bloques de programación para aviso por vibración.



Fuente: propia.

En las figuras 32 y 33 estan todas las estructuras de programación en bloques que se creó para el sistema de alarma vía bluetooth, este programa es el que permite que al usuario le vibre su dispositivo móvil cuando el bus este a menos de 10 metros de distancia.

En esta parte de la programación de la APP, se busca brindar una solución a la posible baja señal que puede presentar la conexión GPRS, pues a diario evidenciamos que nuestros dispositivos móviles en ocasiones la señal no es la adecuada; por ello instalamos un bluetooth junto con el Arduino y la SIM para cuando llegue el bus a la estación, este se conecte con el dispositivo del usuario y le envíe la señal de abordar, con esto solucionamos problemas de señal y hacemos un sistema eficiente y más rápido.

5.4 Diseño mecánico

El diseño mecánico para este proyecto tiene un nivel de complejidad relativamente bajo ya que su estructura es para proteger al circuito electrónico y sus dispositivos, primero se empezó con la elección del material en el que se iba a construir, se analizaron diferentes opciones como el metal, diferentes tipos de plásticos, madera y acrílicos. Se realizó una pequeña comparación entre estos el cual se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 9. Materiales.

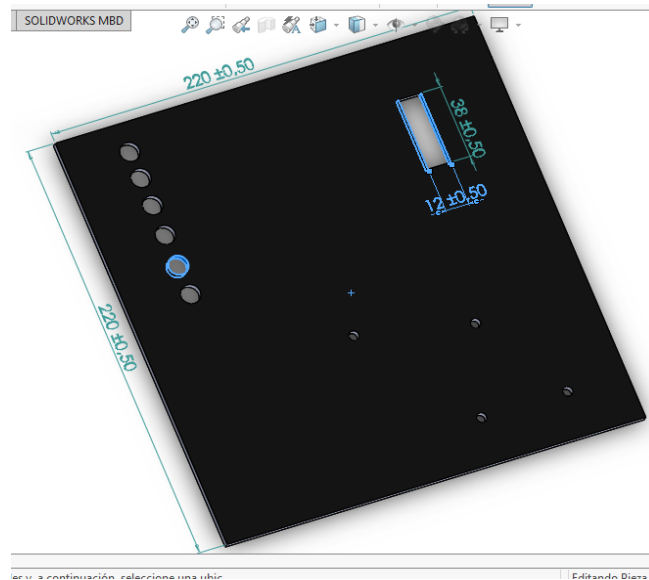
	Metal	Madera	Acrílico
Resistente al impacto	Alto	Bajo	Alto
Transmisión de luz	0%	0%	Taza 92%
Peso	Medio	Bajo	Bajo
Resistencia química	Alto	Bajo	Muy Alto
Resistencia a la intemperie	Alto	Bajo	Muy Alto
Conductividad Eléctrica	Conductor	Aislante	Aislante

Fuente: Propia.

La estructura del prototipo exige que sea un material resistente a golpes dado su espacio de trabajo, también que no tenga un peso alto ya que su posición quedara encima del conductor, que no sea un material que conduzca la electricidad ya que lo que protege la estructura es un circuito eléctrico y puede llegar hacer peligroso y por último que resista un ambiente con cambios de temperatura especialmente bajas, por esto se escogió el acrílico ya que abarca cada una de estas necesidades y además su costo es relativamente bajo comparado con los demás materiales y plásticos del mercado actual.

Una vez escogido el material se empezó con el diseño estructural de la que se llamara caja SIM808 debido a que se basa en una caja de acrílico construida por piezas, tornillos y uniones, para esto se utilizó el programa de diseño SolidWorks, se diseñaron 6 piezas en total comenzando con la cara exterior donde van todos los dispositivos y componentes electrónicos como se podrá apreciar en las siguientes figuras.

Figura 34. Pieza 1 Cara inferior.

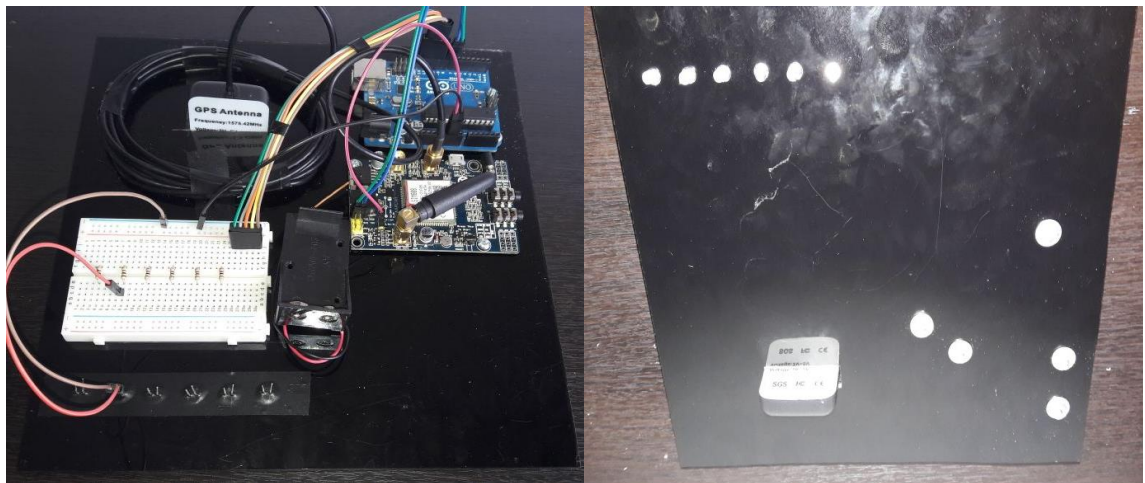


Fuente: Autor.

En la figura 34 se observa la base de acrílico con agujeros en su parte inferior derecha para los tornillos que sirven para sujetar la sim800 y el Arduino, el espacio para la antena GPS que es el agujero rectangular que está en la parte superior derecha y 6 huecos para 6 leds que avisaran las paradas en cada estación.

En la figura 35 se observará la parte inferior ya finalizada con todos los componentes eléctricos y sus ubicaciones estratégicamente para su correcto funcionamiento y su fácil manipulación para mejoras futuras.

Figura 35. Pieza inferior por los 2 lados.

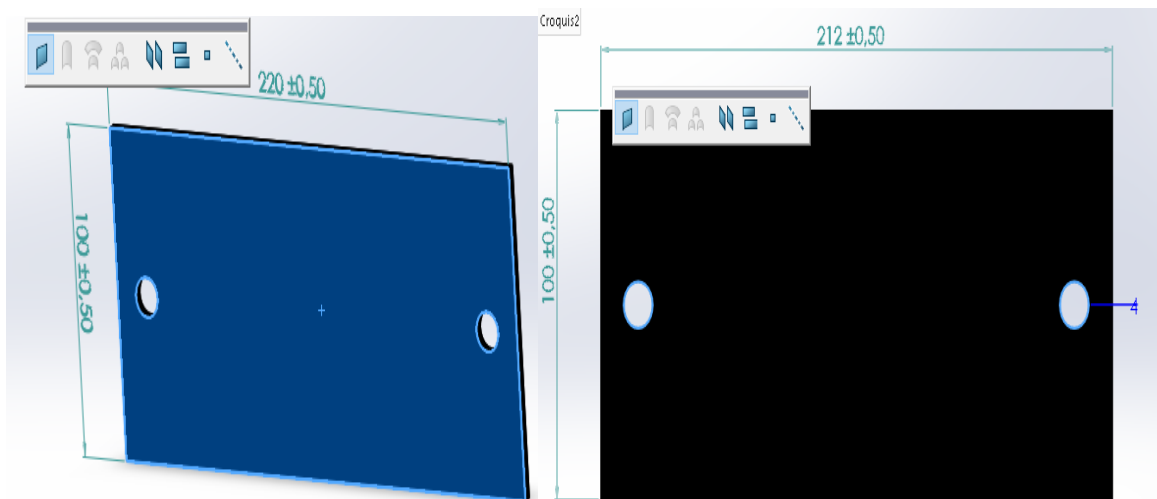


Fuente: Propia.

Las medidas de esta pieza son de 22cmX 22cm X 4mm A/H/P, Se hizo de estas medidas para que todos los dispositivos tengan su espacio de trabajo y las conexiones no sufran ningún inconveniente a la hora de su funcionamiento.

La pieza superior es decir la compuerta de la caja, tiene las mismas medidas que la pieza inferior y cuenta con dos agujeros para sostener la bisagra que la conecta con una de las piezas laterales creando la compuerta. Se diseñaron 4 piezas laterales que unen la pieza inferior y la superior formando una caja de acrílico, las uniones de todas las piezas se hicieron por medio de bisagras y tornillos para que la estructura sea resistente a fuertes golpes

Figura 36. Piezas Lateral.



Fuente: Propia.

Las medidas de estas piezas como se observa en la figura 36 son acordes con las medidas de la pieza inferior, en la siguiente imagen se podrá observar la parte lateral de la estructura de la caja.

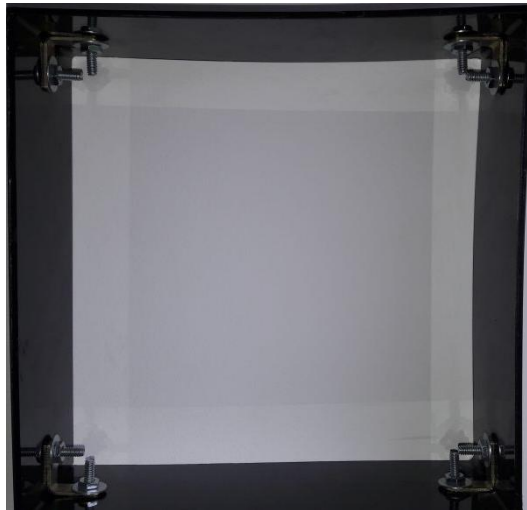
Figura 37. Estructura lateral de la caja sim808.



Fuente: Propia.

En las figuras 37 y 38 se observa la parte lateral de la caja ya terminada, las 4 piezas se unieron por medio de sujetadores y tornillos formando una estructura resistente y muy concisa, sus medidas se tomaron con respecto a la pieza inferior teniendo en cuenta todos los dispositivos electrónicos.

Figura 38. Vista superior estructura lateral.



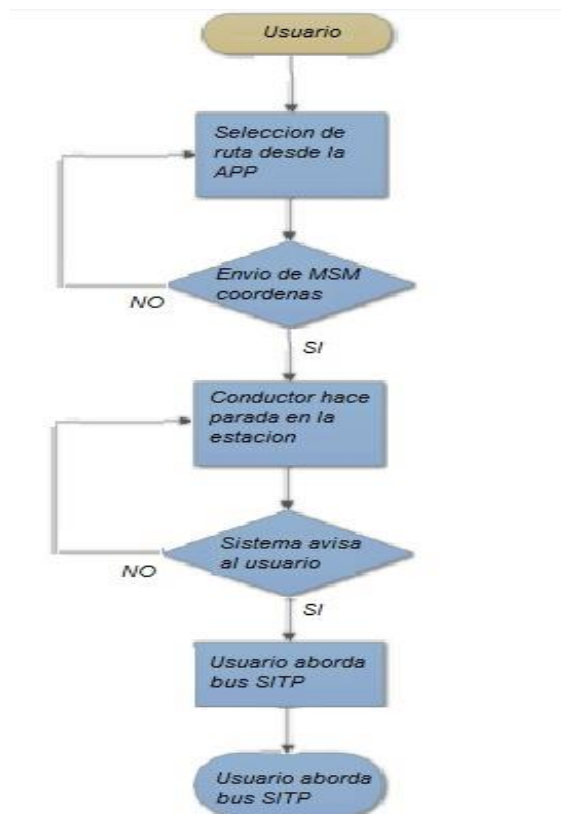
Fuente: Propia.

Por último, con las 6 piezas diseñadas (1 superior, 1 inferior, 4 laterales) ya teniendo la parte lateral armada se procedió a colorar la tapa superior y el circuito eléctrico (parte inferior), todo esto se podrá observar en el prototipo final de este proyecto.

5.5 Dinámica de funcionamiento

La idea clara de este proyecto es ayudar a personas con discapacidad visual a movilizarse por la ciudad de Bogotá utilizando el medio de transporte SITP, específicamente los buses urbanos del sistema, la idea es que estas personas puedan solicitar el bus que requieran desde donde se encuentren, esto se logró por medio de la aplicación diseñada en Autodesk Inventor la cual permite que la persona invidente tenga la opción de elegir una estación y ruta del SITP desde donde este, una vez se haga la elección de la ruta el usuario deberá dirigirse a la estación seleccionada, cuando el usuario llega a esta estación la aplicación reconoce sus coordenadas por medio del GPS de su dispositivo móvil y envía un mensaje que recibe la caja SIM808 ubicada en el bus, la caja detecta la estación en la que está el usuario y le informa al conductor del bus en que estación debe hacer la parada para que se suba el usuario, para que el usuario este completamente seguro que el bus que solicito es al que se va a subir se cuenta con un sistema de alarma de llegada del bus vía bluetooth, cuando el bus este a menos de 10 metros de la parada la caja sim808 y el dispositivo móvil se conectan por la señal Bluetooth produciendo vibraciones en el celular del usuario indicándole que el bus correcto está en la estación.

Figura 39. Diagrama de funcionamiento.



Fuente: Propia.

En el diagrama de flujo representado en la figura 39 se explica la dinámica de funcionamiento general, primero el usuario abre la aplicación selecciona ruta y estación y luego el sistema envía mensaje con coordenadas, después la caja sim808 avisa al conductor donde debe realizar la parada, por último, cuando el bus llega a la estación se activa el sistema de alarma el usuario sube al vehículo y la aplicación finaliza.

5.6 Prototipo final

Con la finalización de todas las etapas(Electrónica, Mecánica, Programación) este proyecto llega a su prototipo final el cual cuenta con un diseño estructural muy completo hecho en acrílico que es un material que cuenta con muchas ventajas, también con las conexiones y alimentaciones necesarias de todos los dispositivos electrónicos que contiene y por ultimo con la programación del algoritmo que permite avisar al conductor en que estación debe parar para recoger al usuario, Este prototipo funciona únicamente con la interacción entre el la aplicación diseñada en inventor y por ultimo su espacio de trabajo cuenta con características muy favorables ya que está diseñado para estar dentro del bus protegiéndolo de la intemperie y de usuarios, En la figura 40 se puede apreciar el prototipo final.

Figura 40. Prototipo final.



Fuente: Propia.

Conclusión de capítulo

Este capítulo en particular se dividió en 6 partes, la primera etapa que se manejo fue la parte electrónica que esta fusionada con el algoritmo creado en el software de Arduino, primero se realizaron las conexiones correctas entre el Arduino, la sim 808 y los componentes electrónicos, después se procedió con la programación de un algoritmo que permita enviar y recibir mensajes y así poder establecer la comunicación con la aplicación.

La segunda etapa está relacionada con la alimentación del prototipo final, aquí se evidencio que para las pruebas realizadas para este proyecto se hicieron con una batería lipo pero que la alimentación para el prototipo final será por medio de la batería del vehículo que en este caso es un carro predispuesto para esta prueba final.

En la tercera etapa se implementó el sistema de alarma que indica a la persona que el bus ya se encuentra en la estación, se observó como por medio del módulo bluetooth y el software de inventor se programó este módulo para conectarse con la aplicación cuando el bus este a menos de 10 metros de distancia con respecto a la estación siempre y cuando el usuario este en la estación.

Teniendo la parte de software y la electrónica lista, en la quinta etapa se procedió al diseño mecánico del prototipo final, primero se escogió el material (acrílico) en el que se diseñó, después se procedió a realizar el diseño de todas las piezas necesarias para construir la caja sim808 con ayuda del programa SolidWorks y por último se hicieron las piezas reales y se unieron por medio de sujetadores y tornillos para su mayor resistencia.

La sexta y última etapa evidencia el trabajo final de este capítulo dando a conocer por medio de la figura 40 el prototipo final de este proyecto.

Una vez ya terminado todo el prototipo y la aplicación se procedió a realizar las pruebas correspondientes de funcionamiento, toda esta prueba se podrá apreciar en el siguiente capítulo.

6. RESULTADOS Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Una vez terminado el prototipo final se comenzaron a realizar las pruebas pertinentes a este proyecto, primero se comenzó con la estructura mecánica comprobando si su peso y medidas eran correctas para el espacio de trabajo en el bus, que en este caso es el automóvil que se utilizó para las pruebas.

Figura 41: Prototipo instalado en el vehículo.



Fuente: Propia.

Las medidas finales del prototipo son 22cm x 22cm x 10.8cm, en la figura 41 podemos observar cómo va instalada en la parte superior del vehículo dándole toda la visibilidad al conductor y permitiéndole observarla sin dificultades, así cuando prenda la luz que informa que el usuario está en la parada no haya problemas de distracciones importantes.

Después se procedió a realizar las pruebas con la aplicación, primero se estudió a fondo cómo funciona el sistema Talkback que poseen la mayoría de dispositivos móviles, el cual viene siendo una ayuda para las personas con discapacidad visual que permite al usuario el manejo independiente y autónomo de su celular, conociendo las características de este sistema se realizaron pruebas con el Talkback activa en un dispositivo móvil para observar

su comportamiento con la aplicación, se encontró que el sistema informa al usuario correctamente las estaciones y rutas del SITP e indica cuando se selecciona la ruta y cuando el bus llega a la parada.

Con respecto a la interfaz de la aplicación se encontró que es muy sencilla de manejar por cualquier persona debido a su diseño fácil que cuenta con un menú el cual indica la estación y después la parada.

Se probaron las conexiones entre los distintos componentes electrónicos como cables de alimentación, los pines correctos que se encuentran programados, todas las tierras y por último las dos antenas que son de vital importancia para este proyecto (Antena GPS, Antena GSM/GPRS). Las conexiones correctas conducen al correcto funcionamiento eléctrico.

El prototipo final se probó por medio de un automóvil con la función de imitar a un bus del SITP. Estas pruebas fueron realizadas en la carrera séptima con calle 45 de la ciudad de Bogotá, la prueba consistió en que el usuario (Estudiante 1) abrió la aplicación y solicitó usando la opción de talkback un bus en la estación de la 7#45, se escogió cualquier ruta que pase por dicha estación y una vez se hacía esto el usuario se dirigía a la parada y apenas llegó se disparó el mensaje con las coordenadas el cual recibió la caja sim808 así pudiéndole avisar al conductor del carro (Estudiante 2) la estación en la cual debe hacer la parada que en este caso es la estación 7#45, por último el conductor llegó a la parada y se disparó el sistema de alarma con el que cuenta la aplicación dándole a conocer al usuario que su bus está en la estación.

Los resultados de esta prueba final fueron altamente positivos ya que cada paso funcionó correctamente, en el primero que es solicitar el bus la aplicación corre perfectamente sin ningún tipo de interferencia, en el segundo cuando el usuario llega a la estación en un rango específico que tiene cada estación se dispara el mensaje con la información demorándose unos 3 o 4 segundos en llegar al conductor, en el tercer paso cuando la caja sim808 recibe el mensaje enciende el con el nombre de la estación en la cual debe realizar la parada y por último en el cuarto paso el dispositivo móvil del usuario comienza a vibrar una vez que el carro entra en una distancia de 10 metros con respecto a la estación indicándole la llegada del vehículo al usuario.

De la prueba final se obtienen los mejores resultados ya que el funcionamiento de cada paso es el correcto.

7. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó la caja Sim808 de acuerdo con las exigencias demandadas de este proyecto, teniendo en cuenta su análisis estructural y la metodología de diseño.

El módulo sim808 debe ser alimentado por una batería por lo menos de 9V a 1200mA ya que la tarjeta sim consume bastante corriente y si esta no se alimenta bien la señal comienza a fallar continuamente.

Cada módulo de la familia SIMCOM está modificado a una velocidad en baudios para su conexión, Al adquirir alguno de estos módulos es importante conocer a que velocidad viene programado para funcionar y así poder configurarlo en el código implementado en este proyecto, ya que si no se conoce esta velocidad y se programa con otra el módulo no funcionara.

La antena GPS que es compatible con el módulo SIM8008 no funciona bajo espacios totalmente cerrados, por esto en el prototipo final se abrió una ranura para que la señal del satélite llegue continuamente y sin interrupciones.

Las conexiones entre el Arduino y el módulo sim808 son de vital importancia especialmente el cableado de todas sus tierras ya que cualquier interferencia o conexión incorrecta genera un error en la programación y a su vez en el funcionamiento de todo el sistema.

Los comandos AT son uno de los lenguajes más importantes que existe en el mundo de las telecomunicaciones ya que la transmisión de datos se rige por medio de estos comandos.

La opción de talkback con la que cuentan la mayoría de dispositivos fue de gran ayuda para los objetivos de este proyecto, ya que gracias a esto la persona invidente puede manejar la aplicación diseñada en inventor con independencia y autonomía.

Con respecto al algoritmo de programación se deben dejar algunos segundos en el código para realizar cada paso como, por ejemplo, el encendido del módulo, la conexión a la red de la tarjeta sim y el reconocimiento del código pin que poseen este tipo de tarjetas.

Durante el desarrollo del proyecto se observó la carencia de proyectos tecnológicos para el avance social de los discapacitados, excluyéndolos de mejoras para su movilidad dentro del sistema de transporte masivo.

De las tecnologías analizadas, se puede afirmar con certeza que la comunicación por GPRS tiene una gran utilidad por su precisión, velocidad y su bajo consumo de datos, haciendo esta una tecnología con gran campo en la comunicación de sistemas.

Se fusionó el proyecto con tecnología bluetooth para minimizar el margen de error que puede tener el GPS al momento de funcionar entre calles abastecidas de grandes construcciones que pueden alterar el funcionamiento correcto del GPS.

Realizar el proyecto con un control mediante una Aplicación en un dispositivo móvil, genera más seguridad tanto para la persona discapacitada como para el funcionamiento correcto del sistema, dado que el usuario podrá interactuar con el sistema a cualquier momento del día, adicional se disminuye el riesgo de mal uso, ya que por le talkback el podrá estar seguro de que sigue los pasos correctamente.

Con un sistema GPRS haciendo utilidad del GPS se pueden generar sistemas de seguridad de los buses urbanos conectándolos con la central de policía, para caso de emergencia como incendio, robo, crimen, mediante un pulsador se puede enviar una señal de auxilio con su ubicación exacta dentro de la ciudad.

El proyecto se enfoca en mejorar la movilidad de las personas por el sistema de transporte masivo, pero no se debe eliminar por completo el sentimiento de generosidad de la población, dando a esta la posibilidad de ayudar a las personas discapacitadas a tomar cual sea el bus que lo lleve a su destino deseado.

8. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Durante el desarrollo de este proyecto se encontraron diversos obstáculos de todo tipo, tanto mecánicos como electrónicos y de programación, así mismo se solucionaron cada uno de ellos, cabe recalcar que, aunque el prototipo final es muy completo sirve como punto de partida para para investigaciones y seguir desarrollándolo mucho más.

Para este proyecto se cumplieron todos los objetivos, sin embargo, todavía existen muchas formas no solo de mejorarlo si no también de seguir desarrollarlo, con el fin de seguir mejorando el transporte público en Bogotá.

Este proyecto busca mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidades, implementando un sistema que les ofrezca las mismas posibilidades que tienen el resto de personas y así que exista equiparación de oportunidades para todos.

No hay que olvidar para quien está dirigido este proyecto, es decir las personas con discapacidad visual, esto abre un mundo de posibilidades para futuras mejoras ya que ayudas para las personas invidentes son bastantes y total mente aplicables a este proyecto, por ejemplo, la implementación de un sistema secundario ubicado en la estación o este tipo de desarrollos que ayuden al mejoramiento de este mismo.

Al comenzar este proyecto se pensó solo en un tipo de discapacidad, a medida que se iba desarrollando se planteó el diseño de un sistema universal, es aquí donde el potencial de crecimiento y desarrollo de este proyecto es bastante grande, ya que el prototipo final se puede mejorar estudiando todo tipo de discapacidades como la auditiva o el no poder hablar, diseñando soluciones para cada una de ellas, por ejemplo con las personas que tienen problemas auditivos y se comunican por el lenguaje de señas o de signos, se puede implementar en la aplicación este tipo de lenguajes para las estaciones y rutas, es decir crear una base de datos con todas las estaciones y rutas de Bogotá con este tipo de lenguaje, el fin que se le podría dar a este proyecto es de hacerlo totalmente universal y así equiparar oportunidades para todos y que exista la igualdad social para el desarrollo de la ciudad y del país.

La velocidad de comunicación entre el usuario y conductor es bastante rápida, sin embargo, está la posibilidad de realizar mucho más rápida, incluso en tiempo real, existen diferentes tipos de tecnologías para establecer una comunicación entre dos partes y aunque la que se planteó en este proyecto cumple los objetivos propuestos hay otras con un costo más alto que pueden llegar a potenciar todo el sistema planteado.

A futuro se puede diseñar el prototipo mucho más dinámico para el conductor también, por medio de una pantalla LCD y un sistema de voz, para que la información que de la caja sim808 sea más precisa y reduzca los errores.

Por último, se podría llegar a un acuerdo con el sistema integrado de transporte público de Bogotá (SITP) y no solo obtener un apoyo monetario si no también producir el prototipo final en masa para que todos los buses cuenten con este sistema, cabe recordar que el prototipo en este proyecto se usara con fines académicos y por el momento no comerciales como pueda que lo sea en un futuro.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Ortega, Diana Martinez.** keroul. [En línea] 2011. [Citado el: 6 de julio de 2016.] http://www.keroul.qc.ca/DATA/PRATIQUEDOCUMENT/209_en.pdf. .
2. **Nicolas Manuel ruiz, victor manuel acosta.** Biblioteca digital minerva . *repository*. [En línea] 2011. [Citado el: 5 de Mayo de 2016.] <http://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/742/RuizNicolas2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
3. **Núcleo de Engenharia em Controle e Automação - NEAR, Escola Politécnica de Pernambuco - POLI/UPE, Recife, Brasil.** Ii xplora digital library. *Ii xplora digital library*. [En línea] 2015. [Citado el: 6 de junio de 2016.] <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7369087&queryText=bus%20station%20visual%20people&newsearch=true>.
4. **Aguayo, Luis Ángel Yanchatuña.** Repositorio Digital Universidad Técnica de Ambato. *Repositorio Digital Universidad Técnica de Ambato*. [En línea] 2016. [Citado el: 20 de Mayo de 2016.] http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/20348/1/Tesis_t1108ec.pdf .
5. **Procedia Manufacturing.** sciencedirect. *sciencedirect*. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de Mayo de 2016.] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915003832>.
6. **SÁNCHEZ, JAIME.** Dialnet. *Dialnet*. [En línea] 30 de Diciembre de 2017. [Citado el: 18 de Mayo de 2016.] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3622512.pdf>.
7. **The guardian.** *The guardian*. [En línea] 7 de Noviembre de 2014. [Citado el: 10 de Agosto de 2016.] <https://www.theguardian.com/artanddesign/architecture-design-blog/2014/nov/07/microsoft-headset-blind-3d-gps-guide-dogs>.
8. **Republica de Colombia - Republica Nacional .** www.mintic.gov.co. [En línea] 7 de Febrero de 1997. [Citado el: 15 de Mayo de 2017.] https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-3673_documento.pdf. 1.
9. **Henao, Andres Uriel Gallego.** Ministerio de transporte. [En línea] 16 de Junio de 2003. [Citado el: 20 de Mayo de 2017.] file:///C:/Users/Hernan%20Rodriguez/Downloads/Decreto_1660_2003.pdf.
10. **Discapacidad, Secretaría Técnica del Consejo Nacional de.** [minsalud](http://www.minsalud.gov.co). [En línea] 25 de Febrero de 2015. [Citado el: 20 de Mayo de 2017.] <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/AVANCES-REGLAMENTACION-LEY-1618-2013.pdf>.
11. **publico, Sistema integrado de transporte.** [sitp.gov.co](http://www.sitp.gov.co). [En línea] 7 de Octubre de 2012. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.] http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/servicio_urbano.
12. **Yefer Asprilla Lara, Eladio Rey Gutiérrez.** [researchgate.net](http://www.researchgate.net). [En línea] Enero de 2012. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.] https://www.researchgate.net/publication/310514617_La_implementacion_del_Sistema_Integrado

ado_de_Transporte_Publico_SITP_de_Bogota_y_sus_retos_en_el_futuro_The_Implementation_of_Integrated_Public_Transport_System_SITP_of_Bogota_and_its_Challenges_in_the_.

13. D.C, Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá. alcaldiabogota.gov.co. [En línea] 21 de Abril de 2015. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.] <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=61522>.

14. publico, Sistema integrado de transporte. sitp.gov.co. [En línea] 16 de Mayo de 2013. [Citado el: 21 de Mayo de 2017.] http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/identifica_los_paraderos.

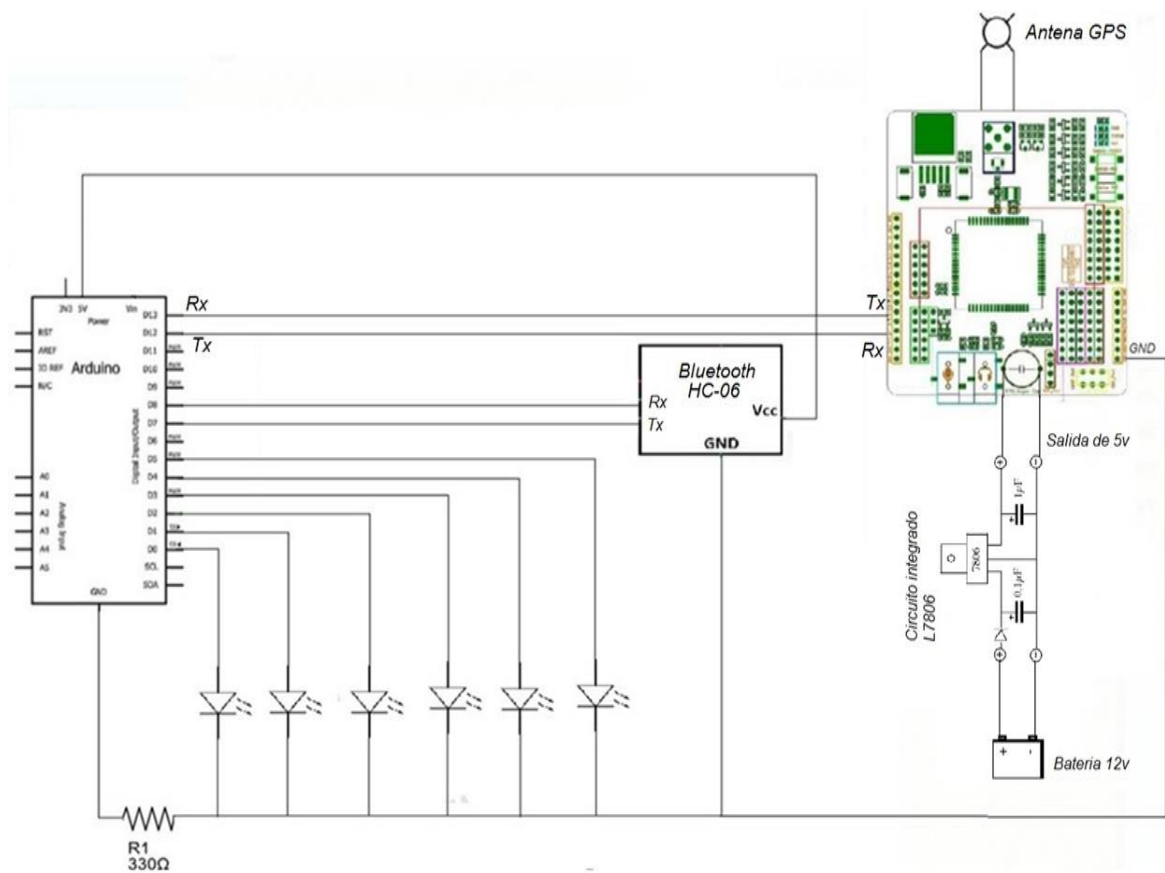
15. publico, Sistema Integrado de transporte. sitp.gov.co. [En línea] 9 de Septiembre de 2012. [Citado el: 22 de Mayo de 2017.] http://www.sitp.gov.co/Publicaciones/el_sistema/el_rutero_o_tabla_de_ruta.

16. Hernández, César. infootec.net. [En línea] 2017. [Citado el: 25 de Mayo de 2017.] <https://www.infootec.net/arduino/>.

17. [dx.com](http://www.dx.com). [dx.com](http://www.dx.com). [En línea] 21 de Junio de 2016. [Citado el: 25 de Mayo de 2017.] http://www.dx.com/p/waveshare-sim808-gsm-gprs-gps-3g-shield-for-arduino-blue-424842#.WT3gdWg1_IU.

18. [canadarobotix.com](http://www.canadarobotix.com). [canadarobotix.com](http://www.canadarobotix.com). [En línea] [Citado el: 25 de Mayo de 2017.] <http://www.canadarobotix.com/battery-chargers/battery-lithium-850mah>.

ANEXO A. PLANOS ELÉCTRICOS



Hernán David Rodríguez Mariño
Sergio Daniel De salvador Rueda

Caja sim808

Planos Eléctricos

ANEXO C. COMANDOS AT

LISTA COMANDOS AT GSM/GPRS

Tabla Call control

ATA	Answer command
ATD	Dial command
ATH	Hang up call
ATL	Monitor speaker loudness
ATM	Monitor speaker mode
ATO	Go on-line
ATP	Set pulse dial as default
ATT	Set tone dial as default
AT + CSTA	Select type of address
AT + CRC	Cellular result codes

Fuente: propia

Tabla Data card control

ATI	Identification
ATS	Select an S-register
ATZ	Recall stored profile
AT&F	Restore factory settings
AT&V	View active configuration
AT&W	Store parameters in given profile
AT&Y	Select set a powerup option
AT+CLCK	Facility lock command
AT+COLP	Connected line identification presentation
AT+GCAP	Request complete capabilities list
AT+GMI	Request manufacturer identification
AT+GMM	Request model identification
AT+GMR	Request revision identification
AT+GSN	Request product serial number identification

Fuente: Propia

Tabla. Phone control

AT+ CBC	Battery charge
AT+CGMI	Request manufacturer identification
AT+CGMM	Request model identification
AT+CGMR	Request revisión identification
AT+CGSN	Request product serial number identification
AT+CMEE	Report mobile equipment error
AT+CPAS	Phone activity status
AT+CPBF	Find phone book entries
AT+CPBR	Read phone book entry
AT+CPBS	Select phone book memory storage
AT+CPBW	Write phone book entry
AT+CSCS	Select TE character set
AT+CSQ	Signal quality

Fuente: Propia

Tabla. Lista de comandos Bluetooth

AT	Test UART connection
AT+RESET	Reset device
AT+VERSION	Firmware versión
AT+ORGL	Restore setting to factory defaults
AT+ADDR	Query device Bluetooth address
AT+NAME	Queryset device name
AT+RNAME	Query remote Bluetooth device name
AT+ROLE	Query set device role
AT+CLASS	Query set class of device COD
AT+IAC	Query set inquire Access code
AT+IAC	Query set inquire Access mode
AT+INQM	Query set pairing passkey
AT+PSWD	Query set UART parameter
AT+UART	Query set connection mode
AT+CMODE	Query set binding bluetooth address
AT+BIND	Query set LED output polarity
AT+POLAR	Set reset a user pin
AT+PIO	Set reset multiple user pin
AT+MPIO	Query user pin
AT+MPIO?	Query set scanning parameters
AT+IPSCAN	Query set energy saving

AT+SNIFF	Set security
AT+SENM	Delated from list
AT+RMSAD	Find device from list
AT+FSAD	Query total number of device from list
AT+ADCN	Query most recently used
AT+MRAD	Query recent current status of device
AT+STATE	Initialize SPP profile
AT+INIT	Query nearby discoverable devices
AT+INQ	Cancel search for discoverable devices
AT+PAIR	Device pairing
AT+LINK	Connect a remote device
AT+DISC	Disconnect from a remote device
AT+ENSNIFF	Enter energy saving mode
AT+EXSNIFF	Exit energy saving mode

Fuente: Propia

Tabla. Códigos de error (Bluetooth)

0	Command Error/ Invalid command
1	Result in default value
2	PSKEY write error
3	Device name is too long
4	No device name specific
5	Bluetooth address NAP is too long
6	Bluetooth address UAP is too long
7	Bluetooth address LAP is too long
8	PIO map not specific
9	Invalid PIO port number entered
A	Device class not specific
B	Device class too long
C	Inquire access code not specific
D	Inquire accesscode too long
E	Invalid inquire Access code control
F	Pairing password not specific
11	Invalid role entered
12	Invalid baud rate entered
13	Invalid stop bit entered
14	Invalid parity bit entered
15	No device in the pairing list
16	SPP not initialized
17	Invalid inquiry mode

18	Inquiry timeout occurred
19	SPP already initialized
1A	Invalid zero length address entered
1B	Invalid security mode entered
1C	Invalid encryption mode entered

Fuente: propia

Tabla. Códigos AT para GPS

AT+ CIPSEND	Preparamos el envío de datos. Devuelve > como inductor
AT+CIPCLOSE	Cerramos la conexión
AT+CIPSHUT	Cierra el contexto PDP del GPRS
AT+CGPSWR=1	Activar GPS
AT+CGPSSTATUS?	Comprueba que el GPS ha encontrado red
AT+CGPSINF=0	Obtiene los datos del GPS: Modo, latitud, longitud, horario UTC, tiempo de respuesta, número de satélites, velocidad, curso.
AT+CGPSOUT=32	Para obtener los datos del GPS usando la especificación de la NMEA: horario UTC, estado, latitud, longitud, velocidad en nudos, ángulo de derrota en grado, fecha, variación magnética, datos del cheksun
AT+CGPSWR=0	Cerrar GPS

Fuente: propia